

ROMUALDO MAESTRI

**ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO PRESENTE E FUTURA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA PARA POVOAMENTOS
DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* de Wild).**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial à obtenção do título de "Mestre em Ciências Florestais".

CURITIBA
MARÇO/1992

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL


P A R E C E R

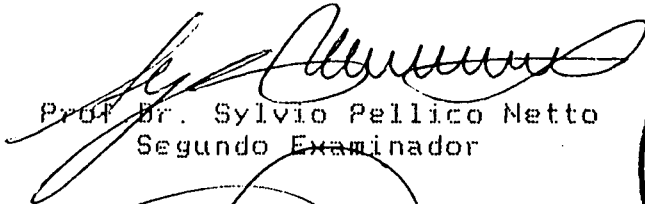
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato **ROMUALDO MAESTRI**, sob o título "**ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO PRESENTE E FUTURA DE MADEIRA E PESO DE CASCA PARA POVOAMENTOS DE ACACIA-NEGRA (Acacia mearnsii de Wild)**" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em **MANEJO FLORESTAL**, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

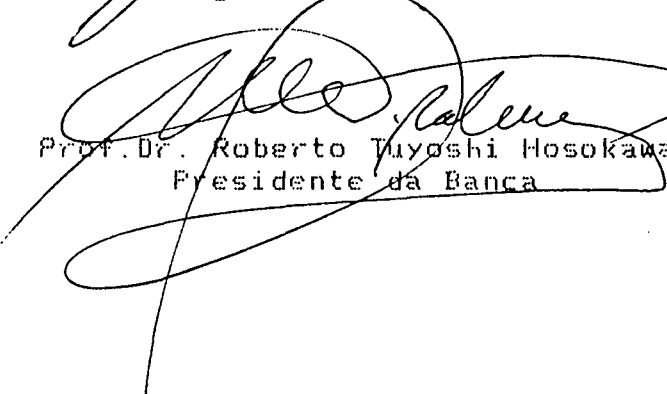
Observação:

O critério de aprovação da Dissertação e Defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas, **APROVADA** ou **NÃO APROVADA**.

Curitiba, 27 de março de 1992


Prof. Dr. José Roberto Soares Scolforo
Primeiro Examinador


Prof. Dr. Sylvio Pellico Netto
Segundo Examinador


Prof. Dr. Roberto Takyoshi Hosokawa
Presidente da Banca



AGRADECIMENTOS

À TANAGRO S/A, na pessoa do Superintendente Dr. João Carlos e Engenheiro Florestal Pedro Paulo Stein, pela cessão dos dados básicos e custeamento do trabalho.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPQ/EMBRAPA), pela cessão dos dados de experimentação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Roberto T. Hosokawa pela orientação e apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sylvio Péllico Neto pelo apoio e co-orientação.

Ao Prof. Dr. José Roberto S. Scolforo, da Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), pela imensa contribuição, co-orientação e estímulo.

Ao Prof. Dr. John Paul McTague, da Northern Arizona University, pela valiosa contribuição técnica e cessão de programa computacional para ajuste da função Weibull.

À Pisa Florestal S.A. pelo apoio e colaboração prestados durante a realização do estudo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

Ao meu pai e minha mãe pelo inesgotável apoio e estímulo.

À minha esposa pela dedicação e incentivo à realização deste trabalho.

Aos amigos Randolph, Cassol, Cláudio, Lisete, Edilson, Costa, Marcelo, Themistocles, Adriana, Vanclei e César pelo companheirismo, auxílio e estímulo.

À todos que de alguma forma prestaram apoio na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

ROMUALDO MAESTRI, filho de Ivo Maestri e Êrica Maria Maestri, nasceu em Curitiba, Paraná, em 1º de janeiro de 1963.

Concluiu o 1º grau no Colégio Estadual Tiradentes e o 2º grau no Curso e Colégio Dom Bosco, ambos em Curitiba.

Em 1980 iniciou o curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, graduando-se em 1984.

Em junho de 1984 ingressou no Centro Nacional de Pesquisa de Florestas da EMBRAPA como bolsista/pesquisador atuando no Projeto de Pesquisa com acácia-negra, até dezembro de 1985.

Em março de 1986 deu início ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, nível de Mestrado, na área de concentração Manejo Florestal, na Universidade Federal do Paraná, concluindo os créditos em dezembro de 1987.

No início de 1987 ingressou na STC Engenharia permanecendo até setembro do mesmo ano, como consultor técnico.

Desde setembro de 1987 é engenheiro florestal da Pisa Florestal S.A., onde ocupa atualmente o cargo de chefe da Divisão de Manejo Florestal.

Ao meu filho

dedico

SUMÁRIO

Pag.

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
1.1.1. Geral.....	3
1.1.2. Específicos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. MODELOS DE PRODUÇÃO E CRESCIMENTO FLORESTAL.....	4
2.1.1. Modelos por Classe Diamétrica.....	6
2.2. A FUNÇÃO WEIBULL DE TRÊS PARÂMETROS.....	8
2.2.1. Estimativa dos Parâmetros da Distribuição Weibull Através dos Atributos do Povoamento.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1. CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ESPÉCIE.....	14
3.2. BASE DE DADOS.....	15
3.2.1. Parcelas Temporárias.....	15
3.2.2. Parcelas Experimentais.....	18
3.3. PROCESSAMENTO DAS PARCELAS DE INVENTÁRIO.....	18
3.3.2. Estimativa do Volume de Madeira e Peso de Casca Individuais.....	19
3.3.3. Outras Características Calculadas.....	20
3.4. CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO.....	20
3.5. MODELO DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	22
3.5.1. Modelo por Classe Diamétrica.....	22
3.5.1.1. Relação hipsométrica genérica.....	22
3.5.1.2. Determinação do parâmetro "a" de Weibull.....	23
3.5.1.3. Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull.....	25
3.6. AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA.....	27

3.7.	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	28
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1.	ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS POR PARCELA.....	30
4.2.	CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO.....	31
4.3.	MODELO POR CLASSE DIAMÉTRICA.....	34
4.3.1.	Equação Hipsométrica Genérica.....	35
4.3.2.	Determinação do Parâmetro "a" de Weibull.....	37
4.3.3.	Ajuste de Modelos para Estimar os Diâmetros Percentis.....	39
4.4.	SOBREVIVÊNCIA.....	43
4.5.	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO.....	51
4.5.1.	Análise a Partir das Características Observadas.....	51
4.5.2.	Análise a Partir das Características Estimadas.....	58
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	64
	APÊNDICE.....	68
	SUMMARY.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Pag.

1.	Formas assumidas pela função densidade de probabilidade Weibull para "a" = 0, "b" = 6 e cinco valores de "c" (ZUTTER et al. ⁵⁶).....	9
2.	Região de cultivo de acácia-negra no Rio Grande do Sul e região da amostragem para o presente estudo.....	16
3.	Curvas das classes de sítio para acácia-negra para o Rio Grande do Sul.....	33
4.	Aplicação da relação hipsométrica genérica aos 72 meses por classe de DAP e sítio.....	37
5.	Evolução do número de árvores vivas de 24 à 84 meses das 48 parcelas de experimento de acácia-negra.....	44
6.	Resíduos da predição do número de árvores de 36 para 84 meses (situação 1).....	47
7.	Resíduos da predição do número de árvores de 60 para 84 meses (situação 1).....	47
8.	Resíduos da predição do número de árvores de 72 para 84 meses (situação 1).....	48

9.	Resíduos da predição do número de árvores de 36 para 84 meses (situação 2).....	48
10.	Resíduos da predição do número de árvores de 60 para 84 meses (situação 2).....	49
11.	Resíduos da predição do número de árvores de 72 para 84 meses (situação 2).....	49
12.	Evolução da sobrevivência da acácia-negra por sítio.....	50
13.	Peso de casca seca por classe de diâmetro, real e estimadas para o caso de divergência máxima (KS) menor que 10 %.....	56
14.	Peso de casca seca por classe de diâmetro, real e estimadas para um caso de divergência máxima (KS) compreendido entre 10 e 20 %.....	57
15.	Volume de madeira, real e estimado por classe de diâmetro para um caso de divergência máxima (KS) menor que 10 %.....	62
16.	Volume de madeira, real e estimado por classe de diâmetro para um caso de divergência máxima (KS) compreendida entre 10 e 20 %.....	63

LISTA DE TABELAS

Pag.

1.	Distribuição das parcelas temporárias de acácia-negra amostradas para o presente estudo.....	17
2.	Modelos testados para estimar a altura dominante em função da idade.....	21
3.	Modelos de relação hipsométrica genérica testados.....	23
4.	Modelos para estimar diâmetro mínimo.....	25
5.	Classes de altura dominante para acácia-negra à idade índice de 72 meses.....	32
6.	Limites das alturas dominantes estimadas por idade e classe de sítio.....	34
7.	Estimativa dos coeficientes do modelo de relação hipsométrica genérica para acácia-negra.....	36
8.	Estimativa dos coeficientes do modelo para diâmetro mínimo para acácia-negra.....	38
9.	Modelos escolhidos para estimar os diâmetros percentis para acácia-negra.....	40
10.	Estimativa de coeficientes para diâmetros percentis para acácia-negra.....	40
11.	Influência do termo variância do DAP no ajuste	

	dos diâmetros percentis, em termos do coeficiente de determinação.....	42
12.	Estimativa dos coeficientes do modelo de variância do DAP para acácia-negra.....	43
13.	Estimativa dos coeficientes para modelo de sobrevivência para acácia-negra.....	45
14.	Valores de erro padrão percentual para as predições do número de árvores vivas por hectare.....	46
15.	Comparação dos valores estimados e reais pelo teste t pareado.....	52
16.	Comparação dos valores estimados e reais pelo teste t pareado por classe de sítio.....	53
17.	Comparação entre distribuição real e estimada de volume de madeira em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).....	54
18.	Comparação entre distribuição real e estimada de peso de casca em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).....	55
19.	Comparação entre valores estimados de 36 para 84 meses com os valores reais pelo teste t pareado.....	59
20.	Comparação entre as distribuições de volume real e as estimadas de 36 para 84 meses em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).....	60
21.	Comparação entre as distribuições do peso de casca real e as estimadas de 36 para 84 meses em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).....	60

RESUMO

Um sistema de predição da produção presente e futura do volume de madeira e peso de casca seca para povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild) implantados no Rio Grande do Sul, foi desenvolvido.

Os dados básicos são provenientes de 328 parcelas temporárias retangulares, com área de 420 m² cada, com amostragem de idades entre 22 e 136 meses, em diferentes densidades populacionais e sítios produtivos. Uma outra fonte de dados originou-se de experimento de adubação, com medições a cada 12 meses, entre o 24º e o 84º mês.

O sistema baseou-se na função Weibull de 3 parâmetros, sendo que a estimativa das distribuições utilizou a técnica de recuperação dos coeficientes "b" e "c" através de pares de diâmetros percentis e do coeficiente "a" pela relação direta com o diâmetro mínimo da amostragem. Os pares de diâmetro percentil averiguados foram 20/90, 20/80, 30/90, 30/80, 40/90 e 40/80. Ajustou-se inúmeros modelos para estimativa do diâmetro mínimo, dos diâmetros percentis, da variância dos diâmetros, da altura média das classes diamétricas, da altura dominante e da sobrevivência.

De modo geral, os modelos obtidos apresentaram ajuste satisfatório e sem tendenciosidade dos resíduos. Os resultados evidenciaram a inter-dependência entre os pares de diâmetro percentil, a densidade, o sítio e a idade com as estimativas presentes e futuras do volume de madeira e peso de z, por classe de diâmetro e para o total. O estudo possibilita a obtenção de informações de produção e crescimento dos povoamentos de acácia-negra com aceitável grau de confiabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild) foi introduzida no Brasil em 1918 por ALEXANDRE BLECKMANN (SCHNEIDER⁴⁰), tendo como maior região produtora a Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, particularmente os municípios de Taquari e Montenegro.

Sua principal função, desde então, foi a de fornecer o tanino extraído da casca e utilizado principalmente no cortume de couro. O tanino é também empregado no tratamento de efluentes, como base para colas fenólicas, clarificação de vinhos e cervejas, entre outras. A madeira mostra-se com boa qualidade para produção de energia em fornos e caldeiras, fabricação de papel e chapas de aglomerado.

Conforme STEIN⁵⁴, estima-se em 120 mil hectares a área atualmente plantada com a espécie na região, distribuídos principalmente em pequenas propriedades (cerca de 40 mil famílias são beneficiadas pelo resultado e alternativas criadas pela espécie). Este potencial florestal é responsável pela produção anual de 80 mil toneladas de tanino, sendo 40% exportado para mais de 80 países. Segundo o mesmo autor, a acacicultura vem incrementando cada vez mais sua contribuição em variados segmentos econômicos e industriais pela diversificação de usos que a mesma proporciona. É grande sua contribuição na

área do meio ambiente, caracterizada como recuperadora de solos pela capacidade simbiótica, permitindo a reposição de nitrogênio ao solo, além de contribuir na formação de coberturas florestais devido ao seu rápido crescimento e fácil propagação.

Face a sua importância econômico-social, de vital importância é a existência de instrumentos que possibilitem embasar com precisão o planejamento da atividade, quer a nível privado quer a nível governamental. Dentre os principais fatores que influem no planejamento, pode-se citar:

- crescimento e produção dos maciços florestais;
- características técnicas, jurídicas e administrativas dos projetos florestais;
- custos de produção e preços de mercado;
- demanda e qualidade exigida do produto florestal (mercado).

A medida em que cada um desses fatores passa a ser conhecido confiavelmente, o planejamento do uso do recurso florestal torna-se possível permitindo a formulação de estratégias que otimizem o empreendimento como um todo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Geral

. Desenvolver metodologia para a estimativa presente e futura da produção de casca e volume de madeira de acácia-negra para os plantios da espécie no Rio Grande do Sul.

1.1.2. Específicos

. Estabelecer um sistema por classes diamétricas utilizando a função de distribuição Weibull de 3 parâmetros, com dados de parcelas temporárias.

. Averiguar a relação entre as características do povoamento, diâmetros percentis e coeficientes "b" e "c" da função de distribuição Weibull.

. Desenvolver metodologia para estimativa do coeficiente "a" de Weibull.

. Ajustar modelo para estimativa da altura média das classes de diâmetro.

. Ajustar modelos para Classificação de Sítio.

. Ajustar modelos para quantificar a sobrevivência da acácia-negra.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MODELOS DE PRODUÇÃO E CRESCIMENTO FLORESTAL

Os primeiros estudos sobre produção relacionavam o volume por unidade de área com a idade e sítio para povoamentos completamente estoçados. Os resultados eram apresentados em forma tabular, denominados de tabelas de produção normal e foram inicialmente desenvolvidas na Alemanha no final do século XVIII por processo gráfico (SPURR⁵³).

Nos Estados Unidos, entre as décadas de 20 e 40, diversas tabelas de produção normal foram desenvolvidas para um grande número de espécies, conforme cita CURTIS¹⁵, evidenciando que o principal trabalho sobre o assunto, foi escrito por McARDLE et al.^{*}, a respeito de produção de Douglas-fir, originalmente publicado no início dos anos 30.

McKAINY et al.²⁸ e McKAINY et al.²⁹ em 1937 e 1939 respectivamente, proporcionaram sensível avanço no meio florestal introduzindo a técnica de regressão múltipla para o desenvolvimento de tabelas de produção de densidade variável. A

* McARDLE, R.F.; MEYER, W.H.; BRUCE, D. The yield of Douglas-fir in the Pacific Northwest. U.S. Dept. Agric. Tech Bull. 201 (revisado), 74 p., 1961.

partir de então começaram a ser desenvolvidas tabelas de produção baseadas na idade, sítio e densidade dos povoamentos florestais. No entanto, estas tabelas não contemplaram a compatibilidade entre os modelos de crescimento e os modelos de produção. Os primeiros modelos que trataram deste assunto foram desenvolvidos por BUCKMAN⁷ em 1962 e CLUTTER¹⁰ em 1963, nos quais a estimativa da produção foi obtida pela integração da equação de crescimento e a equação de crescimento pela derivada da equação de produção.

TURNBULL⁵⁶ em 1963 investigou o modelo biológico de Chapman-Richards para descrever o crescimento de povoamentos florestais, o qual foi, também estudado por PIENNAR³⁴ em 1965, que evidenciou sua grande aplicação para o meio florestal.

CURTIS¹⁵ em 1967 desenvolveu metodologia para estimar o crescimento da área basal e volume total de *Pseudotsuga menjiesii* a partir da combinação de dados de parcelas permanentes e parcelas temporárias e chegou a resultados consistentes.

Alguns trabalhos foram desenvolvidos sobre o tema desde então, como os de BECK & DELLA BIANCA⁵ em 1972, SULLIVAN & CLUTTER⁵⁵ em 1972, MURPHY & STERNITZKE³² em 1979, SHIFLEY et al.⁴⁸ em 1982, SMITH⁵² em 1983, BAILEY et al.¹ em 1985, KNOEBELL et al.²⁴ em 1986, McTAGUE & BAILEY²¹ em 1987, entre tantos outros.

No Brasil pode-se citar os trabalhos de CAMPOS⁸ em 1980, CAMPOS & RIBEIRO⁹ em 1983, COUTO & BASTOS¹⁴ em 1986, entre outros.

Uma constante nos trabalhos sobre o crescimento florestal é que as variáveis utilizadas para a predição presente e futura

da produção florestal recaem sempre sobre alguma função que expresse o sítio, outra que reflita a densidade e por fim a idade dos povoamentos. As interrelações entre estas diversas variáveis permitem a obtenção de modelos de crescimento e produção florestais, os quais, segundo CLUTTER et al.¹¹, caracterizam-se em três tipos básicos:

- Modelos explícitos ou globais que fornecem uma estimativa da produção por unidade de área.

- Modelos implícitos ou por classe diamétrica, que avaliam a produção considerando a estrutura dos povoamentos florestais, e utilizam certas estatísticas como idade, sítio e densidade para estimar os parâmetros da função de frequência de diâmetros e as alturas por classe de DAP.

- Modelos de árvore individual que avaliam a produção florestal considerando árvores individualmente.

2.1.1. Modelos por Classe Diamétrica

Inúmeras funções probabilísticas têm sido utilizadas para a modelagem de distribuições diamétricas. Os trabalhos de BLISS & REINKER⁶ em 1964, com a distribuição Log-normal de três parâmetros em povoamentos de *Pseudotsuga menziesii*, de NELSON³³ em 1964 com a distribuição Gama em povoamentos de *Pinus taeda*, CLUTTER & BENNETT¹² em 1965 e MCGEE & DELLA BIANCA²⁷ em 1967 com a função Beta, foram os pioneiros nesta área.

BAILEY & DELL² introduziram a função Weibull em 1973, para estudos de distribuições diamétricas, considerando-a matematicamente simples e flexível. HAFLEY & SCHREUDER²⁰

desenvolveram estudos com a distribuição SB de JOHNSON e SCHREUDER & HAFLEY⁴⁶ a distribuição SBB de JOHNSON, em 1977. McTAGUE³¹ em 1987, desenvolveu modelo de produção em volume e área basal baseado na recuperação dos coeficientes da distribuição Weibull através do uso de diâmetros percentis.

No Brasil, os primeiros trabalhos sobre distribuições probabilísticas aplicadas às distribuições diamétricas ocorreram em 1980. BARROS⁴ testou os modelos Exponencial tipo I e II, Potencial, Hipérbole, Weibull e Beta a dados de parcelas instaladas na floresta natural do Planalto Tapajós-Pará. COUTO¹³ utilizou o programa MLESD (Maximum Likelihood Estimation For Selected Distributions), para ajustar as funções Weibull, Beta, Gama, Normal, Log-Normal e SB de JOHNSON em parcelas instaladas em plantios de *Pinus caribaea* var. *caribaea*. Os melhores resultados foram obtidos pela distribuição de Weibull seguida pela Normal e Beta.

FINGER¹⁷ em 1982 ajustou as mesmas funções citadas anteriormente em dados de parcelas de *Acacia mearnsii*, concluindo que a SB de JOHNSON foi a que melhor representou a distribuição de diâmetros. A função Beta e Weibull também foram consideradas eficientes.

GLADE¹⁸ em 1986, utilizou o pacote MLESD e ajustou as mesmas funções em parcelas experimentais de *Eucalyptus grandis* e verificou os melhores ajustes com as funções Weibull e SB, e relacionou as características do povoamento aos coeficientes das funções. Concluiu que a distribuição Weibull se presta com mais eficiência aos estudos de crescimento e produção florestal que a SB.

SCOLFORO⁴³ em 1990, utilizou a função Weibull em estudo de crescimento e produção de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, de modo a ter compatibilidade entre a área basal obtida pela soma das classes diamétricas e pelo modelo global.

JORGE et al.²³ em 1990, testaram a função de Weibull em povoamento de *Pinus elliottii* com idades de 21 à 24 anos, obtendo bons resultados.

2.2. A FUNÇÃO WEIBULL DE TRÊS PARÂMETROS

A distribuição Weibull de três parâmetros tem sua função densidade de probabilidade, segundo BAILEY & DELL² descrita como:

$$f(X) = c/b ((X-a)/b)^{c-1} \exp (-((X-a)/b)^c)$$

para $(a \leq X < \infty)$

= 0 em outras circunstâncias

O parâmetro "a" é o parâmetro de locação, "b" é o parâmetro de escala e "c" o parâmetro de forma. No caso florestal, X é normalmente definido como o diâmetro das árvores e "a" necessariamente deve ser maior ou igual a zero, já que corresponde ao menor diâmetro do povoamento.

De acordo com os valores de seus coeficientes a função Weibull pode tomar diferentes configurações, ajustando-se bem aos dados de florestas naturais tomando a forma decrescente (J invertido), até povoamentos equiâneos com distribuição unimodal, com as mais diferentes assimetrias. As variações dos valores do

parâmetro "c" propiciam as diversas formas que a distribuição Weibull assume, conforme exemplifica ZUTTER et al.⁵⁷ na FIGURA 1, utilizando o parâmetro de locação com valor zero, o parâmetro de escala igual à seis e variando o parâmetro de forma.

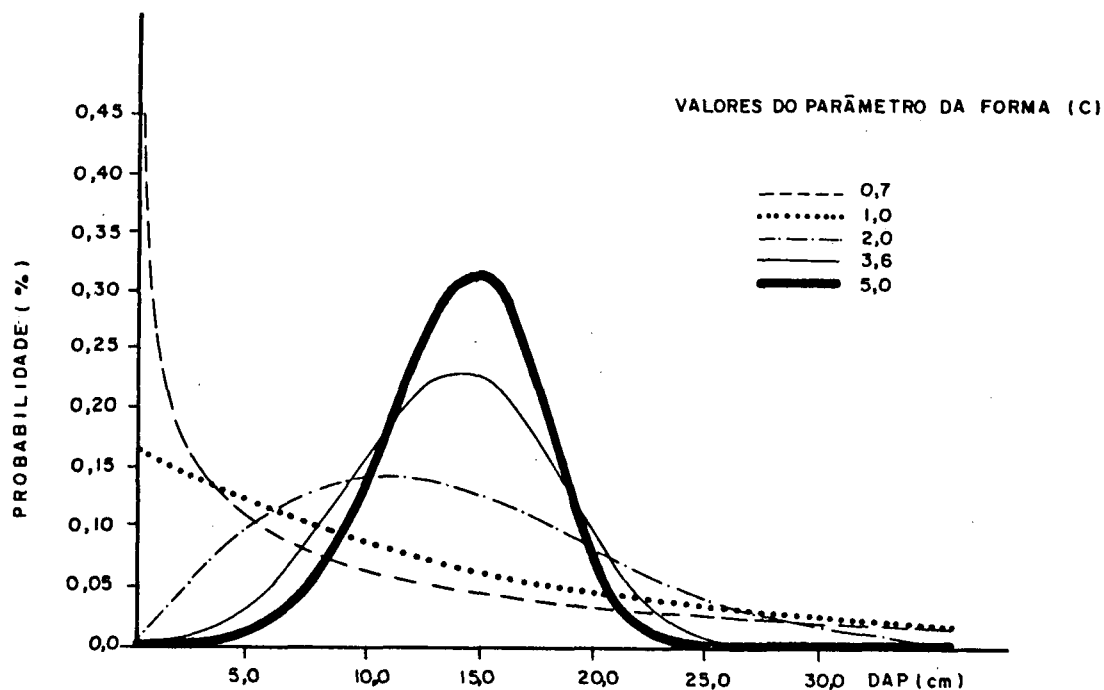


FIGURA 1: Formas assumidas pela função densidade de probabilidade Weibull para "a" = 0, "b" = 6 e cinco valores de "c" (ZUTTER et al.⁵⁷).

A forma cumulativa da distribuição de Weibull é representada por:

$$F(X) = 1 - \exp \left(- \left(\frac{X-a}{b} \right)^c \right)$$

sendo: $(a \leq X \leq \infty)$

Vários métodos possibilitam a estimativa dos parâmetros da distribuição Weibull como a máxima verossimilhança, os momentos, os percentis, entre outros. Na ausência de pacotes estatísticos os coeficientes podem ser facilmente estimados através dos métodos dos percentis, onde "b" e "c" são estimados por uma regressão linear da transformação da distribuição cumulativa da função. Os passos para esta transformação, segundo McTAGUE³⁰, são os seguintes:

$$F(X) = 1 - \exp [-((X-a)/b)^c]$$

$$\exp [-((X-a)/b)^c] = 1 - F(X)$$

mas: $F(X) = PTLE$ quando $X = PERTLE$

onde: $PTLE = \text{percentil}/100$

$PERTLE = \text{diâmetro percentil}$

então: $\exp (-((PERTLE - a)/b)^c) = 1 - PTLE$

Aplicando-se o logarítmo natural nos dois lados, tem-se:

$$- ((PERTLE - a)/b)^c = \ln (1 - PTLE)$$

$$((PERTLE - a)/b)^c = -\ln (1 - PTLE)$$

Aplicando-se novamente o logarítmo natural em ambos os lados, tem-se:

$$c \ln ((PERTLE - a)/b) = \ln (-\ln (1 - PTLE))$$

$$\ln (PERTLE - a) - \ln (b) = (1/c) \ln (-\ln (1 - PTLE))$$

$$\ln (PERTLE - a) = \ln (b) + (1/c) \ln (-\ln (1 - PTLE)) \quad (1)$$

fazendo: $Y = \ln (PERTLE - a)$

$$X = \ln (-\ln (1 - PTLE))$$

e ajustando a regressão linear tem-se:

$$\text{coeficiente de inclinação} = 1/c$$

$$\text{intercepto} = \ln (b)$$

O parâmetro "a" é obtido por:

$$a = X_1 - [(b/(n^{(1/c)})) \cdot \Gamma] \cdot (1 + 1/c)$$

onde: X_1 = menor diâmetro da parcela

n = número de árvores da parcela

b, c = parâmetros de Weibull

Γ = função gama

JORGE et al.²³, concluíram em estudo comparativo, que o ajuste pelo processo de máxima verossimilhança e dos percentis produziram resultados semelhantes, com grande vantagem para o segundo método pela simplicidade computacional, conforme assinala CLUTTER et al.¹¹.

2.2.1. Estimativa dos Parâmetros da Distribuição Weibull Através dos Atributos do Povoamento

Desde o trabalho de BAILEY & DELL² em 1973, a distribuição Weibull vem sendo amplamente utilizada no meio florestal para estudos de predição da produção por sua facilidade matemática, flexibilidade e considerável relação de seus coeficientes com as características dos povoamentos, de forma direta ou indireta. SMALLEY & BAILEY⁵¹ relacionaram os coeficientes diretamente com os atributos do povoamento. DUBEY * citado por CLUTTER et al.¹¹, demonstrou a eficiência na estimativa dos coeficientes da função Weibull de dois parâmetros pelo uso dos percentis 24 e 93. GLADE¹⁸ chegou a bons resultados com *Eucalyptus grandis* utilizando o mesmo procedimento.

Segundo CLUTTER et al.¹¹ e BAILEY et al.³, se X_{p_1} e X_{p_2} são dois diâmetros X_1 e X_2 para os respectivos percentis p_1 e p_2 e, "a", "b" e "c" a estimativa dos parâmetros da função Weibull, tem-se as seguintes equações baseadas na equação (1).

$$X_{p_1} - a = b (-\ln (1-p_1))^{(1/c)} \quad (2)$$

$$X_{p_2} - a = b (-\ln (1-p_2))^{(1/c)} \quad (3)$$

dividindo (2) por (3), tem-se:

* DUBEY, S.D. Some percentile estimators for Weibull parameters. *Technometrics*, 9 : 119-129, 1967.

$$(Xp_1-a)/(Xp_2-a) = [b(-\ln (1-p_1))^{(1/c)}/b(-\ln (1-p_2))^{(1/c)}]$$

$$(Xp_1-a)/(Xp_2-a) = [(-\ln (1-p_1))/(-\ln(1-p_2))]^{(1/c)}$$

$$\ln ((Xp_1-a)/(Xp_2-a)) = (1/c) \{ \ln [(-\ln (1-p_1))/(-\ln (1-p_2))] \}$$

então:

$$c = \ln [(-\ln (1-p_1))/(-\ln (1-p_2))]/\ln [(Xp_1-a)/(Xp_2-a)]$$

e se:

$$Xp_1-a = b (-\ln (1-p_1))^{(1/c)}$$

então:

$$b = (Xp_1-a)/(-\ln (1-p_1))^{(1/c)}$$

Assim, pela utilização de quaisquer pares de diâmetros percentis é possível a recuperação dos coeficientes "b" e "c" da distribuição Weibull.

O parâmetro "a" para aplicação em distribuições diamétricas varia entre zero e o diâmetro mínimo da amostragem feita no povoamento. McTAGUE & BAILEY³¹ obtiveram boas estimativas do parâmetro de locação "a" relacionando diretamente às características do povoamento e ao diâmetro percentil 10. SCOLFORO⁴³ relacionou-o diretamente ao diâmetro mínimo da amostragem conseguindo bons resultados, utilizando para tal, funções que possibilitem a evolução desta característica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ESPÉCIE

A *Acacia mearnsii* de Wild , vulgarmente conhecida por acácia-negra , segundo SCHENEIDER⁴⁰, é a espécie mais plantada no Rio Grande do Sul, embora outras espécies ocorram em menor escala, como a *Acacia decurrens* e *Acacia molissima*.

A *Acacia mearnsii* ocorre naturalmente no sul da Austrália, principalmente na planície costeira e nos pequenos declives dos planaltos adjacentes, próximo a Sydney, bem como em regiões de baixa e média altitude da Tasmânia. Essa região de ocorrência situa-se entre 34 e 44 graus de latitude sul em altitudes que variam desde o nível do mar até 850 m (EMBRAPA/CNPF¹⁶).

No Brasil, segundo STEIN⁵⁴, a cultura foi iniciada no município de Estrela (RS), região do Vale do Rio Taquari, estendendo-se posteriormente para o Vale do Rio Caí em função das indústrias de tanino que ali se instalaram. Atualmente a acacicultura está presente em outras regiões do estado, num raio de aproximadamente 300 km, em altitudes que variam de 50 à 1.000 m, em variada situação topográfica e em solos de textura arenosa e areno-argilosa. O clima da região de cultivo se classifica como "Cfa", de "KÖEPPEN" caracterizado como clima subtropical,

onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22°C e a do mês mais frio oscila entre 3° e 18°C. As precipitações anuais variam de 1.180 mm à 2.470 mm.

3.2. BASE DE DADOS

3.2.1. Parcelas Temporárias

Os dados básicos para o estudo foram obtidos de 381 parcelas temporárias de inventário florestal, coletados em projetos florestais da empresa TANAGRO S/A nos municípios de Montenegro, Taquari, Triunfo, Encruzilhada do Sul e Butiá, localizados na região da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Foram amostrados plantios desde 20 até 136 meses de idade em condições variadas de sítio e densidade, abrangendo uma área aproximada de 27 mil hectares, conforme FIGURA 2. Para posterior consistência dos modelos, 53 parcelas distribuídas nas várias idades, densidade e sítio, foram separadas, restando assim 328 para os desenvolvimentos do estudo. A TABELA 1 apresenta a distribuição da amostragem.

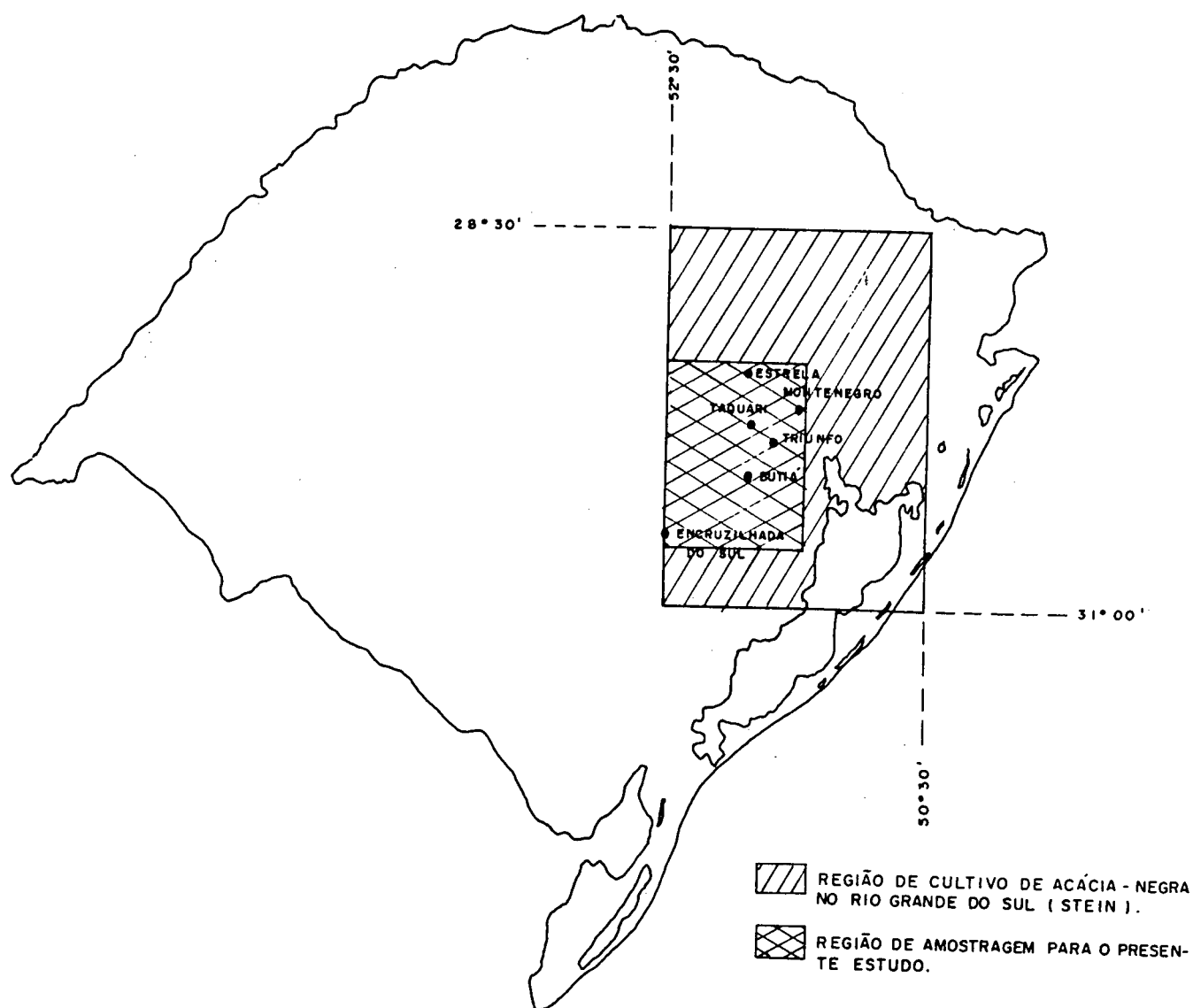


FIGURA 2: Região de cultivo de acácia-negra no Rio Grande do Sul e região da amostragem para o presente estudo.

TABELA 1: Distribuição das parcelas temporárias de acácia-negra amostradas para o presente estudo.

IDADE (meses)	ÍNDICE DE SÍTIO (m)	ÁRVORES POR HECTARE					TOTAL
		<800	801-1200	1201-1600	1601-2000	>2001	
< 36	18,5		1	11	9		21
	16,0		1	10	11	1	23
	13,0		2	5	8		15
	11,0			3			3
37-48	18,5			8	12	1	21
	16,0			8	5		13
	13,5			2	2		4
	11,0						
49-60	18,5		2	9	2		13
	16,0	1	3	13	6		23
	13,5	1	1	7	2		11
	11,0	1					1
61-72	18,5		8	13	1	1	23
	16,0	1	12	27	12	1	53
	13,5	1	8	20	5	1	35
	11,0	1	3	3			7
73-84	18,5	1	1	7			9
	16,0		6	7	4	1	18
	13,5		4	6	1		11
	11,0	1		2			3
85-96	18,5						
	16,0	1	1	1			3
	13,5						
	11,0						
> 96	18,5		1				1
	16,0	1	2	2			5
	13,5	1	3	4			8
	11,0	1	2	1			4
TOTAL		12	61	169	80	6	328

As parcelas foram instaladas com formato retangular de dimensões 20m X 21m, portanto, 420 m². Mediram-se todos os DAPs e parte das alturas das árvores. Para cada indivíduo foram anotadas as características de sanidade (gomose, ataque do serrador) e avaliações de bifurcação, falha e morta, de acordo

com os procedimentos de inventário florestal adotados pela TANAGRO. Os povoamentos em questão foram implantados com espaçamento inicial de 3,0 m X 1,33 m, totalizando 4,0 m² por planta, resultando em 2.500 árvores por hectare.

3.2.2. Parcelas Experimentais

Uma outra fonte de dados foi de medições de experimento de adubação fosfatada implantado no município de Guaíba-RS, contendo 12 tratamentos, 4 repetições e avaliados do segundo ao sétimo ano.

As parcelas do experimento foram instaladas em espaçamento 3,0m X 2,0m, contendo bordadura interna dupla e 30 plantas úteis para mensuração, totalizando uma área de 120 m². Foram tomadas as medidas de todos os DAPs e alturas, além de características de sanidade e condições morfológicas do fuste.

Por ter apresentado resposta às várias formulações de adubos fosfatados, o experimento simulou, de certa forma, a ocorrência de sítios distintos de produtividade.

3.3. PROCESSAMENTO DAS PARCELAS DE INVENTÁRIO

Para cada parcela ajustou-se o modelo de Stoffels, a fim de possibilitar a estimativa das alturas não mensuradas nesta característica, o qual tem a forma:

$$\ln (H_i) = b_0 + b_1 \ln (DAP_i)$$

onde: H_i -> altura estimada para o DAP_i

\ln -> logarítmo natural

b_0, b_1 -> coeficientes de regressão

O ajuste foi analisado pelo coeficiente de determinação (R^2) e pelo erro padrão percentual.

3.3.2. Estimativa do Volume de Madeira e Peso de Casca Individuais

Foram utilizadas as equações propostas por SILVA & SCHNEIDER⁵⁰ (volume) e por SCHNEIDER⁴⁰ (peso), desenvolvidas com dados de 750 árvores coletados na mesma região do presente estudo.

A equação para estimar o volume de madeira individual, foi:

$$\log V = -4,200151008 + 0,9492742 \log (D^2H)$$

enquanto que para estimativa do peso seco de casca por árvore a equação, foi a seguinte:

$$PS/ DH^2 = 0,75059/DH^2 + 0,0029 D/H + 0,00000035 D$$

onde: V -> volume individual com casca em metro cúbico

D -> DAP em centímetro

H -> altura total em metro

PS -> peso de casca seca em quilograma

\log -> logarítmo na base 10

3.3.3. Outras Características Calculadas

Além do volume de madeira e peso de casca individuais os quais possibilitaram inferir os valores por hectare, para cada parcela, foi ainda calculado:

- . número de árvores por hectare
- . altura dominante (adotada a média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare)
- . diâmetros percentis 10, 20, 30, 40, 80 e 90
- . menor DAP
- . estimativa dos coeficientes "a", "b" e "c" da função Weibull
- . idade em meses
- . variância dos diâmetros

Entende-se por diâmetro percentil X_p ao valor que o DAP assume quando sua probabilidade acumulada é igual à "p", sendo que "p" varia de 0 à 100%.

3.4. CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO

Como a estrutura de dados utilizada foi a de parcelas temporárias, o ajuste da função de sítio levou à obtenção de curvas anamórficas. Vários modelos são encontrados no meio florestal como aqueles utilizados por SCHNEIDER & SILVA⁴¹, SCOLFORO & MACHADO⁴⁴, SCOLFORO⁴³, RAYNER³⁶ entre outros e são apresentados na TABELA 2. Embora SCHNEIDER & SILVA⁴¹ tenham

desenvolvido classificação de sítio para acácia-negra no Rio Grande do Sul, optou-se por desenvolver uma nova classificação já que a amplitude de idades, os locais amostrados e o número de parcelas mensuradas expressam maior representatividade à análise.

TABELA 2: Modelos testados para estimar a altura dominante em função da idade.

FORMA GERAL
$\ln h_{dom} = b_0 + b_1 (1/I)$
$h_{dom} = b_0 + b_1 \ln (I)$
$\ln h_{dom} = b_0 + b_1 1/I + b_2 1/I^2$
$\ln h_{dom} = b_0 + b_1 1/I + b_2 1/I + b_3 1/I^3$
$h_{dom} = I^2 / (b_0 + b_1 I + b_2 I^2)$
$h_{dom} = b_0 (1 - \exp (-b_1 (I)))$
$h_{dom} = b_0 (1 - \exp (-b_1 (I)))^{b_2}$
onde: $b_2 = 1/(1 - m)$

Onde: h_{dom} -> altura média das 100 árvores de maior diâmetro
por hectare

I -> idade em meses

\ln -> logarítmo natural

\exp -> exponencial

b_0, b_1, b_2, b_3 -> coeficientes de regressão

3.5. MODELO DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

Para estimar o volume de madeira e o peso de casca de acácia-negra foi desenvolvido modelo de crescimento e produção, o qual considera a estrutura do povoamento e é denominado modelo implícito. Este tipo de modelo envolve a determinação dos parâmetros da função Weibull e relaciona-os às características da população.

3.5.1. Modelo por Classe Diamétrica

A característica básica dos modelos implícitos é de prognosticar o número de árvores por hectare por classe de diâmetro e a respectiva altura média de cada uma das classes. O uso de equações de volume de madeira e peso de casca individuais apropriados permitem a estimativa da produção total do povoamento, bem como, a forma que ela se distribui nas classes diamétricas, possibilitando o conhecimento da estrutura da floresta.

3.5.1.1. Relação hipsométrica genérica

Para possibilitar a estimativa da altura média de cada classe diamétrica é preciso ter controle sobre as variáveis do povoamento que influem nesta característica. Basicamente um modelo genérico contempla as relações entre a altura total das árvores com DAP, idade, sítio e densidade. No presente estudo vários modelos foram testados e estão apresentados na TABELA 3.

TABELA 3: Modelos de relação hipsométrica genérica testados.

$\ln h_i = b_0 + b_1 h_{dom} + b_2 N + b_3 DAP^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 h_{dom} + b_2 N + b_3 I^{-1} + b_4 DAP^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 h_{dom} + b_2 N + b_3 + I^{-1} + b_4 DAP^{-1} + b_5 D90$
$\ln h_i = b_0 + b_1 h_{dom} + b_2 N + b_3 I^{-1} + b_4 DAP^{-1} + b_5 \ln D90$
$\ln h_i = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 I^{-1} + b_3 \ln (N.DAP^{-1}) + b_4 (I.DAP)^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 I^{-1} + b_3 DAP^{-1} + b_4 (I.DAP)^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 (DAP - D90)^{-1} + b_3 \ln (N.DAP^{-1}) +$ $b_4 (I.DAP)^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 I^{-1} + b_3 DAP^{-1} + b_4 (I.DAP)^{-1}$
$\ln h_i = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 DAP^{-1} + b_3 \ln (N.DAP^{-1}) + b_4 (I.DAP)^{-1}$

onde: h_i -> altura média da classe de DAP_i em metro

DAP_i -> DAP da classe i em centímetro

h_{dom} -> altura média das árvores dominantes em metro

I -> idade em meses

N -> número de árvores por hectare

$D90$ -> diâmetro percentil 90 em centímetro

\ln -> logarítmo natural

$b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$ -> coeficientes da equação

3.5.1.2. Determinação do parâmetro "a" de Weibull

Fixou-se uma série de possíveis valores de "a", como:

$a = 0,0$ * DAP mínimo
 $a = 0,1$ * DAP mínimo
 $a = 0,2$ * DAP mínimo
 $a = 0,3$ * DAP mínimo
 $a = 0,4$ * DAP mínimo
 $a = 0,5$ * DAP mínimo
 $a = 0,6$ * DAP mínimo
 $a = 0,7$ * DAP mínimo
 $a = 0,8$ * DAP mínimo
 $a = 0,9$ * DAP mínimo
 $a = 0,95$ * DAP mínimo
 $a = 0,97$ * DAP mínimo
 $a = 1,00$ * DAP mínimo

A escolha da melhor relação entre o parâmetro "a" e o DAP mínimo se fez pela aplicação do teste "t" pareado. A comparação entre o valor "t" calculado e o tabelar permite atestar significância estatística a um determinado nível de probabilidade. Nas condições de não significância, obtêm-se a melhor relação.

A estimativa do parâmetro "a" é independente do sistema e, como está vinculado ao diâmetro mínimo da amostragem, são necessárias equações que expressem o DAP mínimo. Uma série de modelos testados por SCOLFORO⁴³ e, outros averiguados pelo autor foram ajustados e estão apresentados no TABELA 4.

TABELA 4: Modelos para estimar diâmetro mínimo.

$$\ln D_{\min} = b_0 + b_1 H_{\text{dom}} + b_2 N$$

$$\ln D_{\min} = b_0 + b_1 I + b_2 (H_{\text{dom}} \cdot I^{-1}) + b_3 N$$

$$\ln D_{\min} = b_0 + b_1 H_{\text{dom}} + b_2 N$$

$$\ln D_{\min} = b_0 + b_1 I + b_2 (H_{\text{dom}} \cdot I^{-1}) + b_3 N$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 H_{\text{dom}} + b_2 (H_{\text{dom}} \cdot I^{-1})$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 \ln(I) + b_2 \ln(N) + b_3 (H_{\text{dom}}^{-1})$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 I + b_2 H_{\text{dom}} + b_3 (N^{-1})$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 H_{\text{dom}} + b_2 (H_{\text{dom}} \cdot N^{-1})$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 \ln I + b_2 \ln N + b_3 (H_{\text{dom}}^{-1}) + b_4 D_{10} + b_5 (I^2)^{-1}$$

$$D_{\min} = b_0 + b_1 \log I + b_2 \ln N + b_3 (H_{\text{dom}}^{-1}) + b_4 D_{10} + b_5 (I^2)^{-1} \\ + b_6 (I^3)^{-1}$$

3.5.1.3. Recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull

Conforme citado no item 2.2.1 os coeficientes de Weibull que definem a escala e a forma da distribuição são relacionados diretamente com os diâmetros percentis e parâmetro "a" de locação.

A forma é obtida por:

$$c = \ln [(-\ln(1-p_1)) / (-\ln(1-p_2))] / \ln [(X_{p_1}-a) / (X_{p_2}-a)]$$

e a escala por:

$$b = (X_{p_1}-a) / (-\ln(1-p_1))^{(1/c)}$$

onde: X_{p_1} e X_{p_2} -> diâmetros X_1 e X_2 para os respectivos percentis p_1 e p_2

a -> parâmetro de locação

\ln -> logarítmo natural

A questão recai, então, sobre dois aspectos:

. qual a melhor combinação entre os diâmetros percentis que proporcionam a melhor recuperação dos parâmetros "b" e "c" de Weibull?

. qual a melhor forma de estimar os diâmetros percentis através das características do povoamento?

Para a análise do primeiro caso foram testadas as seguintes combinações de diâmetros percentis para a recuperação dos coeficientes de Weibull: D20/D90, D20/D80, D30/D90, D30/D80, D40/D90 e D40/D80.

A estimativa de diâmetros percentis em distribuições diamétricas de florestas equiâneas tem sido amplamente utilizada por apresentar forte relação às características do povoamento. Basicamente os diâmetros percentis são relacionados à idade, número de árvores por hectare e altura dominante. Desta forma, ajustou-se exaustivamente vários modelos para estimativa dos diâmetros percentis, relacionando-os às características do povoamento.

3.6. AVALIAÇÃO DA SOBREVIVÊNCIA

Para um modelo ter a possibilidade de estimar a produção tanto corrente quanto futura é necessário se averiguar a evolução da sobrevivência em função de características como idade e sítio. Segundo CLUTTER et al.¹¹ a distinção entre os dois casos é mais complexa que uma comparação simples entre as palavras "corrente" e "futura". A diferença básica é que a predição da produção corrente não envolve a projeção da densidade do povoamento, enquanto que as predições da produção futura envolvem tais projeções, quer para os modelos implícitos quer para os modelos explícitos.

No presente estudo foram ajustados modelos lineares e não lineares a duas situações de dados. Uma base de dados foi a de remediações de experimento de adubação e a outra, uma complementação aos dados experimentais com as informações das 328 parcelas temporárias com a restrição de que $N_1 = N_2$, $h_{dom1} = h_{dom2}$ e $I_1 = I_2$, pois não haviam remediações destas parcelas.

Os modelos não lineares (SANQUETA³⁹) normalmente não incluem a variável sítio como termo independente. Portanto é necessária a separação dos dados básicos para o ajuste individualizado por classe produtiva. Os modelos lineares são mais flexíveis neste caso, permitindo a averiguação das relações entre as variáveis preditivas do número de árvores vivas, numa única base de dados.

3.7. CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

Os critérios de seleção dos modelos ajustados baseou-se no coeficiente de determinação (R^2), no erro padrão da estimativa e na distribuição gráfica dos resíduos. Para permitir a comparação entre as diversas naturezas dos modelos, por exemplo, logarítmica e aritmética, procedeu-se, quando necessário, o recálculo do coeficiente de determinação e do erro padrão da estimativa. Para tal, aplicou-se cada modelo às observações originais e foi, então, estimado o valor da variável dependente (Y) respectiva, e desenvolvidos os seguintes cálculos:

$$SQT = \sum Y^2 - (\sum Y)^2/n$$

$$SQRes = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

$$R^2(\%) = (SQT - SQRes)/SQT * 100$$

$$EPE = \sqrt{SQRes / (n-p)}$$

$$EPE \% = EPE/\bar{Y} * 100$$

onde: SQT -> soma de quadrados total

SQRes -> soma de quadrados do resíduo

R^2 -> coeficiente de determinação

EPE -> erro padrão de estimativa

Y_i -> variável dependente i observada

\hat{Y}_i -> variável dependente i estimada

- Y -> média da variável dependente
n -> número de observações
p -> número de coeficientes do modelo

Para avaliação do sistema de crescimento e produção procedeu-se a comparação entre os valores reais e estimados de duas formas distintas:

1- obtenção dos valores a partir das características observadas de idade, altura dominante, diâmetro mínimo, variância do DAP e número de árvores por hectare. Para esta comparação foram utilizados os dados das 53 parcelas não utilizadas no ajuste dos modelos.

2- estimativa dos valores na idade de 84 meses, a partir das características observadas aos 36 meses de idade, através dos modelos ajustados. Para esta comparação foram utilizados os dados de remedições do experimento.

Para análise das classes diamétricas, utilizou-se da técnica não paramétrica do teste Kolmogorov-Smirnof, que compara a frequência acumulada estimada com a frequência acumulada observada. O ponto de maior divergência é o valor D de Kolmogorov-Smirnof (FINGER¹⁷ e GLADE¹⁸).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS POR PARCELA

As 328 parcelas de inventário temporário em número de 328 foram processadas em programa computacional desenvolvido para tal finalidade. Em média 25% das árvores tiveram suas alturas mensuradas (aproximadamente 30 árvores), incluindo as árvores dominantes, o que possibilitou o ajuste do modelo hipsométrico por unidade amostral para a estimativa das alturas não obtidas em campo. O modelo foi o de Stoffels, escolhido após alguns testes com outros modelos em algumas parcelas. Os valores do coeficiente de determinação para as 328 parcelas situaram-se entre 0,70 e 0,90, e o erro padrão da estimativa percentual foi sempre inferior a 10%. Com isto pôde-se assegurar a estimativa confiável das alturas totais das árvores de cada parcela.

Ao programa computacional, após as estimativas das alturas não mensuradas e também dos cálculos da altura dominante, número de árvores por hectare, idade, volume de madeira e peso de casca seca, foi agregado um programa escrito na mesma linguagem (Turbo Basic) por McTAGUE³⁰ para ajuste da distribuição Weibull de três parâmetros através do método dos percentis. Para cada parcela foram, então, estimados os coeficientes "a", "b" e "c" de Weibull e os diâmetros percentis 10, 20, 30, 40, 80, e 90.

4.2. CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO

De todos os modelos testados verificou-se melhor ajuste aos dados através do modelo de Richards, o qual apresentou boa dispersão dos resíduos sem evidente heterogeneidade de variância ou tendências, coeficiente de determinação igual a 67 % e erro padrão de estimativa de 1,9 metros, equivalente a 13,1 %. A equação de curva guia resultante teve a seguinte forma:

$$h_{dom} = b_0 (1 - \exp(-b_1 (I)))^{b_2}$$

onde: $b_0 \rightarrow 16,06529$

$b_1 \rightarrow 0,0625228$

$b_2 \rightarrow 2,8129650$

O coeficiente b_0 indica o valor assintótico do modelo de Richards, evidenciando que em média as árvores dominantes da acácia-negra atingiram 16,0 metros de altura.

Determinou-se a idade de 72 meses como Idade índice por estar próxima a idade de rotação e, também, na relação dos dados apresentou a maior amplitude em altura dominante. Observou-se uma variação de 9,1 metros (limite inferior = 10,5 m e limite superior = 19,6 m) e, então, arbitrou-se a divisão em 4 classes de sítio e que são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5: Classes de altura dominante para acácia-negra à idade índice de 72 meses.

CLASSE	INTERVALO (m)	ÍNDICE DE SÍTIO (m)
IV	9,75 - 12,25	11,0
III	12,26 - 14,75	13,5
II	14,76 - 17,25	16,0
I	17,26 - 19,75	18,5

Para obtenção das curvas de cada classe, utilizou-se da transformação de equação de Richards, tendo a forma:

$$h_{\text{domi}} = S \left[\frac{(1 - \exp(-0,0625228 I_i))}{(1 - \exp(-0,0625228 * 72))} \right]^{2,812965}$$

onde: h_{domi} -> altura dominante na idade i em metro

S -> índice de sítio em metro

I_i -> idade i que se deseja a estimativa em meses

Graficamente as curvas de sítio são apresentadas na FIGURA 3 e, na TABELA 6 - apresentam-se os limites das alturas dominantes médias, estimadas por idade e classe de sítio.

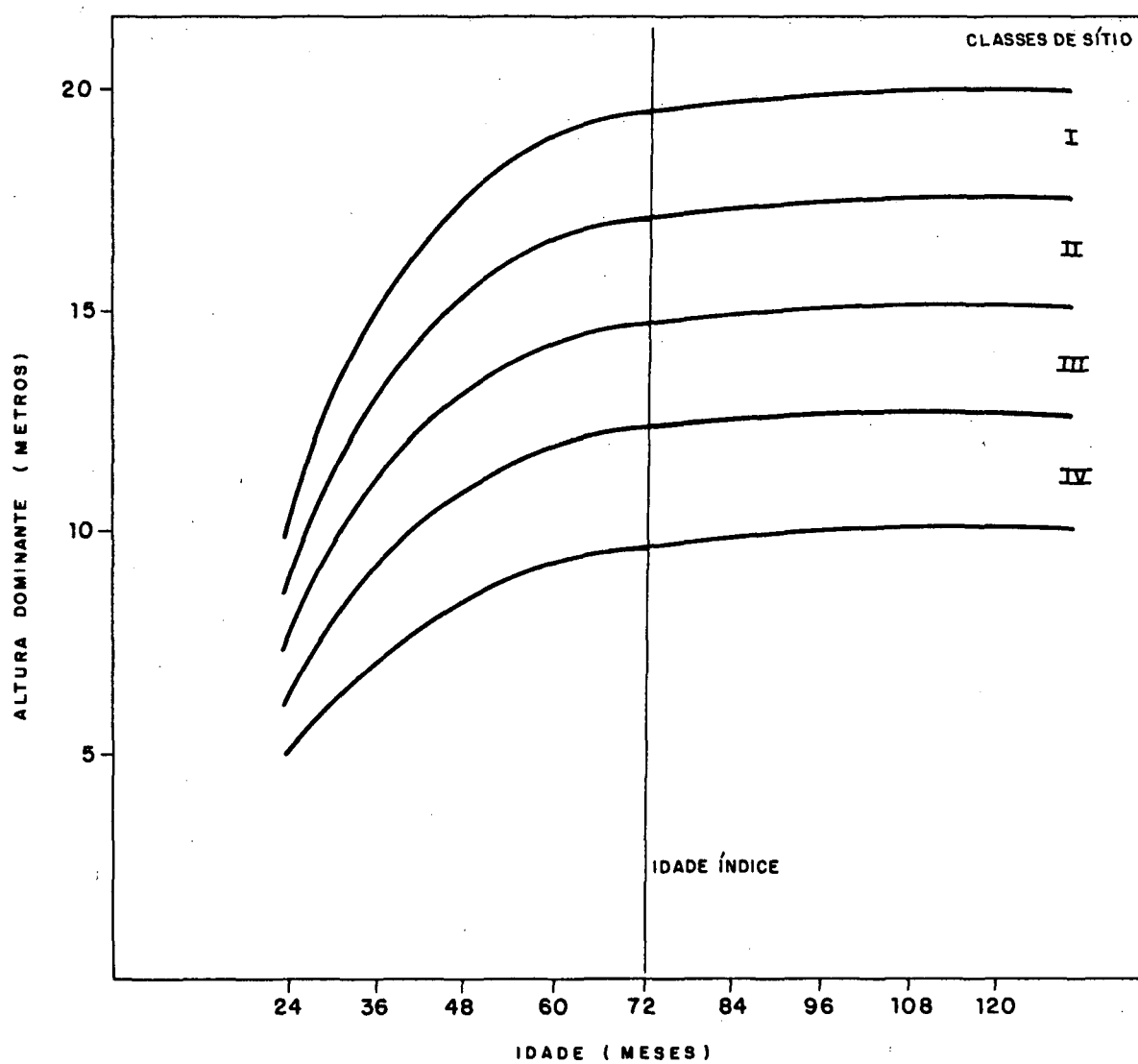


FIGURA 3: Curvas das classes de sítio para acácia-negra para o Rio Grande do Sul.

TABELA 6: Limites das alturas dominantes estimadas por idade e classe de sítio.

IDADE (meses)	CLASSES DE SÍTIO				
	IV	III	II	I	
24	4,9	6,2	7,5	8,8	10,0
36	7,4	9,2	11,1	13,0	14,9
48	8,7	11,0	13,2	15,4	17,7
60	9,4	11,8	14,2	16,7	19,1
72	9,8	12,3	14,7	17,3	19,8
84	9,9	12,5	15,0	17,5	20,1
96	10,0	12,6	15,1	17,7	20,2
108	10,0	12,6	15,2	17,7	20,3
120	10,0	12,6	15,2	17,8	20,4
132	10,1	12,6	15,2	17,8	20,4

4.3. MODELO POR CLASSE DIAMÉTRICA

Através da recuperação dos coeficientes de Weibull pelos diâmetros percentis, que por sua vez originaram-se de modelos ajustados às características do povoamento, obteve-se a configuração da distribuição dos diâmetros para cada parcela. As classes diamétricas no presente trabalho tiveram a amplitude de 3 centímetros.

4.3.1. Equação Hipsométrica Genérica

Foi considerada a altura total média para cada classe de diâmetro de 3 centímetros de cada uma das 328 parcelas do inventário temporário. Desta forma, agrupou-se 1.549 pares de valores de DAP - altura que, na realidade representaram 10.494 árvores, conforme procedimento adotado também por SCOLFORO⁴³ onde obteve maior eficiência do que quando o ajuste foi realizado a partir de árvores individuais.

Dentre os modelos testados o que apresentou melhor comportamento foi:

$$\ln(h) = b_0 + b_1 \ln(h_{\text{dom}}) + b_2/\text{DAP} + b_3 \ln(N/\text{DAP}) + b_4/(I.\text{DAP})$$

onde: h -> altura total média das árvores em metro
 h_{dom} -> altura dominante em metro
 DAP -> valor do centro de classe de DAP em centímetro
 I -> idade em meses
 \ln -> logarítmo natural

A TABELA 7 apresenta a estimativa dos coeficientes e estatísticas do ajuste.

TABELA 7: Estimativa dos coeficientes do modelo de relação hipsométrica genérica para acácia-negra.

COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	AJUSTE DA EQUAÇÃO
b_0	0,821547		$R^2 = 90,9 \%$
b_1	0,84948	50,9 **	$S_{xy} = 1,0 \text{ m}$
b_2	-4,20149	-39,7 **	$S_{xy} \% = 8,6 \%$
b_3	-0,0566534	-6,7 **	
b_4	69,10910	32,1 **	

** Valor significativo à 99,5% de probabilidade.

A altura média das classes de diâmetro mostrou ser dependente, além do DAP, da idade, do sítio e da densidade, verificado na significância dos coeficientes relativos a estas características.

A distribuição gráfica dos resíduos em função da idade mostrou-se sem tendências e com dispersão homogênea em toda sua amplitude, confirmando a validade deste ajuste. Na FIGURA 4 são apresentadas graficamente as estimativas da altura média das árvores por classe de diâmetro e por sítio para a idade de 72 meses.

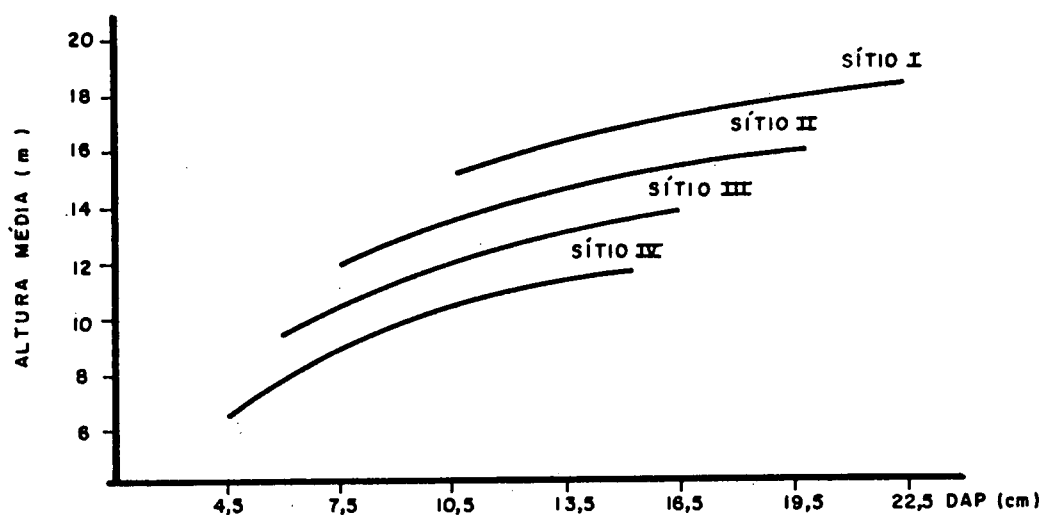


FIGURA 4: Aplicação da relação hipsométrica genérica aos 72 meses por classe de DAP e sítio.

4.3.2. Determinação do Parâmetro "a" de Weibull

Averiguou-se a relação direta entre o coeficiente "a" de Weibull e as características do povoamento, e constatou-se baixa correlação e alta dispersão de resíduos. A determinação do valor "a" no presente estudo esteve relacionada diretamente ao menor diâmetro da amostragem. Através da análise pelo teste t pareado pôde-se constatar que a relação:

$$a = 0,7 \cdot D_{\min}$$

onde: a -> coeficiente de locação de Weibull

D_{\min} -> menor diâmetro da amostragem

é estatisticamente semelhante ao nível de 95 % de probabilidade.

Dos modelos testados para estimar o diâmetro mínimo, o que teve melhor ajuste foi:

$$D_{\min} = b_0 + b_1 \ln(I) + b_2 \ln(N) + b_3/h_{\text{dom}} + b_4 D_{10} + b_5/I^2 + b_6/I^3$$

onde: D_{\min} -> menor diâmetro

I -> idade em meses

N -> número de árvores por hectare

h_{dom} -> altura dominante

D_{10} -> diâmetro percentil 10

A TABELA 8 apresenta a estimativa dos coeficientes e estatísticas do ajuste.

TABELA 8: Estimativa dos coeficientes do modelo para diâmetro mínimo para acácia-negra.

COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	AJUSTE DE EQUAÇÃO
b_0	-2,20010		
b_1	2,04318	3,9 **	$R^2 = 73,0 \%$
b_2	-0,674513	-4,3 **	$S_{xy} = 0,63 \text{ cm}$
b_3	-5,58911	-1,7	$S_{xy} \% = 14,9 \%$
b_4	0,439560	10,2 **	
b_5	4712,79	3,1 **	
b_6	-80357,8	3,1 **	

** Valor significativo à 99,5 % de probabilidade.

A análise gráfica dos resíduos não apresentou tendências, demonstrando um comportamento aceitável.

Embora a altura dominante tivesse seu coeficiente tido como não significativo, o termo foi mantido no modelo, pois o valor de t (1,7) está muito próximo do valor crítico.

A aplicação do modelo demonstra-se coerente com a idade, sítio e densidade, ou seja, o diâmetro mínimo estimado apresentou relação diretamente proporcional com a idade e sítio e inversamente proporcional com a densidade, concordando com os resultados obtidos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por SCOLFORO⁴³. Isto pode ser percebido nas tabelas de produção em APÊNDICE.

4.3.3. Ajuste de Modelos para Estimar os Diâmetros Percentis

A relação entre os diâmetros percentis com as características do povoamento para acácia-negra apresentou a característica de melhora com o aumento do valor do percentil, ou seja, os ajustes para os percentis 80 e 90 foram superiores aos percentis 10 e 20. Este fato pode ter relação com a mortalidade natural acentuada da espécie, onde espera-se, na prática, uma maior estabilidade dos indivíduos das classes de diâmetros superiores. Dentre os inúmeros modelos testados aqueles que apresentaram melhor desempenho são apresentados na TABELA 9.

TABELA 9: Modelos escolhidos para estimar os diâmetros percentis para acácia-negra.

$\ln D_{10} = b_0 + b_1 N + b_2 h_{dom}^{-1} + b_3 \ln (VDAP)$
$\ln D_{20} = b_0 + b_1 N + b_2 h_{dom}^{-1} + b_3 \ln (VDAP)$
$\ln D_{30} = b_0 + b_1 \ln h_{dom} + b_2 I^{-1} + b_3 N + b_4 VDAP$
$\ln D_{40} = b_0 + b_1 \ln (h_{dom}) + b_2 I^{-1} + b_3 N + b_4 VDAP$
$\ln D_{80} = b_0 + b_1 \ln (h_{dom}) + b_2 I^{-1} + b_3 N + b_4 VDAP$
$\ln D_{90} = b_0 + b_1 \ln (h_{dom}) + b_2 I^{-1} + b_3 N + b_4 VDAP$

onde: D_i -> diâmetro percentil i
 N -> número de árvores por hectare
 H_{dom} -> altura dominante em metros
 $VDAP$ -> variância do DAP em cm^2
 \ln -> logarítmo natural

Na TABELA 10 são apresentados as estimativas dos coeficientes e estatísticas do ajuste.

TABELA 10: Estimativa de coeficientes para diâmetros percentis para acácia-negra.

DIÂMETRO				AJUSTE DA
PERCENTIL	COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	EQUAÇÃO
	b_0	3,55650		$R^2 = 83,9 \%$
	b_1	-0,000246175	-8,4 **	$S_{xy} = 0,71 \text{ cm}$
D10	b_2	-14,9449	-31,1 **	
	b_3	-0,215330	-10,1 **	

... continuação

DIÂMETRO PERCENTIL	COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	AJUSTE DA EQUAÇÃO
D20	b_0	3,49777		$R^2 = 84,2 \%$
	b_1	-0,000235463	-8,7 **	$S_{xy} = 0,87 \text{ cm}$
	b_2	-13,2172	-29,8 **	
	b_3	-0,160136	-8,1 **	
D30	b_0	-0,948323		$R^2 = 82,7 \%$
	b_1	1,25785	22,6 **	$S_{xy} = 0,98 \text{ cm}$
	b_2	3,67363	2,4 *	
	b_3	-0,000216547	-7,6 **	
	b_4	-0,0141249	-5,9 **	
D40	b_0	-0,876528		$R^2 = 85,5 \%$
	b_1	1,24080	24,1 **	$S_{xy} = 0,99 \text{ cm}$
	b_2	4,04413	2,9 **	
	b_3	-0,000200848	-7,6 **	
	b_4	-0,00847737	-3,8 **	
D80	b_0	0,369888		$R^2 = 92,8 \%$
	b_1	0,853487	2,4 *	$S_{xy} = 0,93 \text{ cm}$
	b_2	-1,79915	-2,0 *	
	b_3	-0,000159331	-8,8 **	
	b_4	0,00961723	6,3 **	
D90	b_0	0,671727		$R^2 = 93,9 \%$
	b_1	0,759975	23,7 **	$S_{xy} = 0,93 \text{ cm}$
	b_2	-3,05887	-3,5 **	
	b_3	-0,000137465	-8,4 **	
	b_4	0,0131423	9,5 **	

* Valor significativo à 95 % de probabilidade;

** Valor significativo à 99,5 % de probabilidade.

Conforme observado por GLADE¹⁸ e SCOLFORO⁴³, a dispersão dos diâmetros possui boa correlação com os diâmetros percentis, pois ela expressa a heterogeneidade do povoamento. Isto pode se verificado, também, para acácia-negra, pois a inclusão nos modelos do termo variância do DAP promoveu para os modelos de diâmetros percentis 10, 20, 80 e 90, uma melhora do ajuste representado na TABELA 11 pelo aumento no coeficiente de determinação.

TABELA 11: Influência do termo variância do DAP no ajuste dos diâmetros percentis, em termos de coeficiente de determinação.

PERCENTIL	R ² (%)		
	SEM (VDAP)	(VDAP)	((log(VDAP)))
D10	78,8	82,1	83,9
D20	79,4	83,2	84,2
D30	80,8	82,7	81,6
D40	85,1	85,5	84,9
D80	92,0	92,8	93,6
D90	92,2	93,9	95,1

Com isto, fez-se necessário obter-se um modelo para estimar a variância dos diâmetros, o que resultou em:

$$\ln (VDAP) = b_0 + b_1 h_{dom} + b_2 \ln (N) + b_3 \ln (I)$$

onde: VDAP -> variância dos diâmetros em cm²

h_{dom} -> altura dominante em metro

N -> número de árvores por hectare

I -> idade em meses

ln -> logarítmo natural

A TABELA 12 apresenta a estimativa dos coeficientes e estatísticas do ajuste do modelo para variância do DAP que foram altamente eficientes se comparados a outros trabalhos, como por exemplo, KNOEBELL et al.²⁴

TABELA 12: Estimativa dos coeficientes do modelo de variância do DAP para acácia-negra.

COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	AJUSTE DE EQUACÃO
b_0	1,85319		$R^2 = 79,3 \%$
b_1	0,106134	12,1 **	$S_{xy} = 0,312 \log (VDAP)$
b_2	-0,532141	-7,2 **	$S_{xy} = 16,1 \%$
b_3	0,605305	8,6 **	

** Valor significativo à 99,5 % de probabilidade.

4.4. SOBREVIVÊNCIA

A acácia-negra apresenta, desde as idades jovens, uma acentuada evolução da mortalidade, conforme se verifica na FIGURA 5, a qual apresenta a dispersão do número de árvores por hectare em função da idade.

STEIN⁵⁴ salienta que para uma densidade inicial acima de 2.000 árvores por hectare é esperado, aos 7 anos de idade (84 meses), uma população média de 1.300 árvores comerciais, confirmando esta tendência de mortalidade.

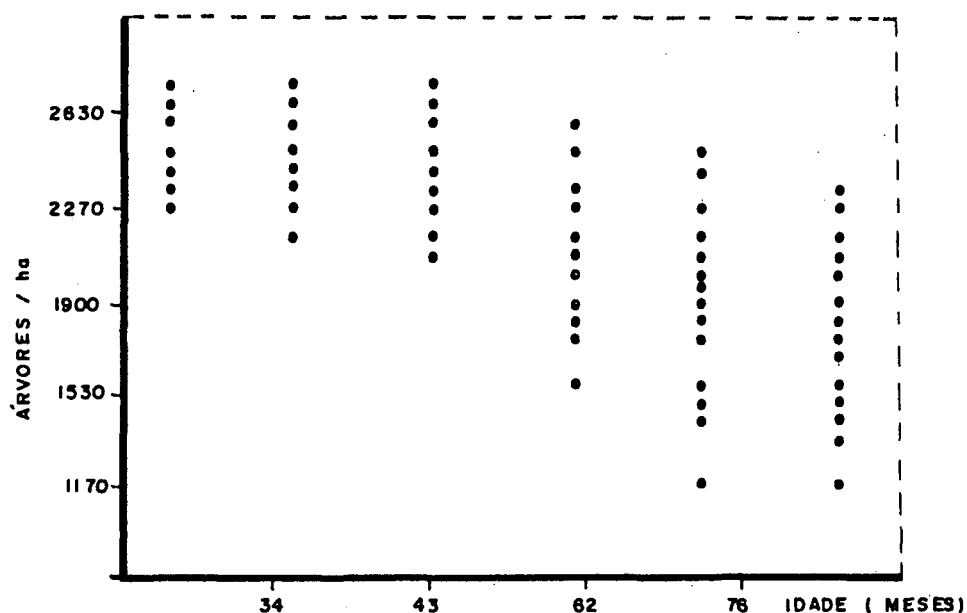


FIGURA 5: Evolução do número de árvores vivas de 24 à 84 meses das 48 parcelas do experimento de acácia-negra.

Procedeu-se, então, o ajuste de modelos para as duas situações básicas:

- 1- somente com dados do experimento;
- 2- dados do experimento + parcelas temporárias.

O modelo selecionado para cada um dos casos possui a seguinte forma:

Situação 1 -> dados de remediações do experimento.

$$\ln (N_2) = b_0 + b_1 h_{dom2} + b_2 (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) + b_3 h_{dom2} (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) + b_4 \ln N_1$$

Situação 2 -> dados de remediações do experimento + parcelas temporárias.

$$\ln (N_2) = b_0 + b_1 (I_2)^{-1} + b_2 h_{\text{dom}2} + b_3 (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) \\ + b_4 h_{\text{dom}2} (1 - (I_1 \cdot I_2^{-1})) + b_5 \ln N_1$$

onde: N_2 -> número de árvores na idade I_2
 $h_{\text{dom}2}$ -> altura dominante na idade I_2 em metro
 I_1 -> idade inicial em meses
 I_2 -> idade onde se deseja estimar N_2
 N_1 -> número de árvores na idade I_1
sendo $I_1 < \text{ou} = I_2$

A TABELA 13 apresenta as estimativas dos coeficientes e estatísticas do ajuste dos modelos.

TABELA 13: Estimativa dos coeficientes para modelo de sobrevivência para acácia-negra.

SITUAÇÃO	COEFICIENTE	ESTIMATIVA	t	AJUSTE
1	b_0	-0,025744		
	b_1	0,0252870	2,4 **	$R^2 = 81,4 \%$
	b_2	2,25123	3,1 **	$S_{xy} = 138,9 \text{ árv.}$
	b_3	0,115048	-2,1 *	$S_{xy} = 6,5 \%$
	b_4	0,929880	18,3 **	
2	b_0	0,139892		
	b_1	2,04495	4,6 **	$R^2 = 97,5 \%$
	b_2	0,004738	3,4 **	$S_{xy} = 96,7 \text{ árv.}$
	b_3	1,113343	8,6 **	$S_{xy} = 5,6 \%$
	b_4	-0,0880493	-9,3 **	
	b_5	0,965574	94,5 **	

* Valor significativo a 95 % de probabilidade;

** Valor significativo a 99,5 % de probabilidade.

Para averiguar a eficiência dos modelos desenvolveu-se estimativas do número de árvores aos 84 meses para cada uma das parcelas do experimento, a partir dos dados conhecidos aos 36, 48, 60, 72 meses. A TABELA 14 apresenta os valores do erro padrão da estimativa percentual para as duas situações.

TABELA 14: Valores de erro padrão percentual para as predições do número de árvores vivas por hectare.

PERÍODO DA PREDIÇÃO (meses)	ERRO PADRÃO (%)	
	SITUAÇÃO 1	SITUAÇÃO 2
36 - 84	36,8	15,4
48 - 84	31,2	16,2
60 - 84	12,6	9,5
72 - 84	7,3	6,9

Os resultados demonstram que o modelo ajustado a partir dos dados das remediações do experimento mais parcelas temporárias foi mais eficaz nas estimativas que o modelo ajustado com dados somente do experimento. O erro padrão da estimativa para predições de 36 para 84 meses e 48 para 84 meses foi aproximadamente metade na situação 2. Outra consideração é de que em ambos os casos quanto menor o período da prognose, menor o erro, evidenciando que longos períodos para estimativa podem levar à inconsistências.

As FIGURAS 6, 7 e 8 apresentam os resíduos em percentagem das predições do número de árvores por hectare compreendendo os períodos 36 para 84 meses, 60 para 84 e 72 para 84 meses para modelo ajustado somente com dados de remediação do experimento.

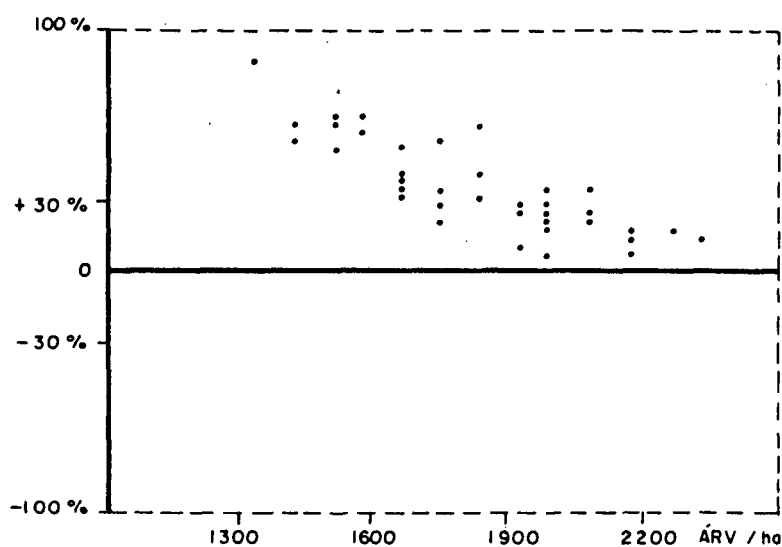


FIGURA 6: Resíduos da predição do número de árvores de 36 para 84 meses (situação 1).

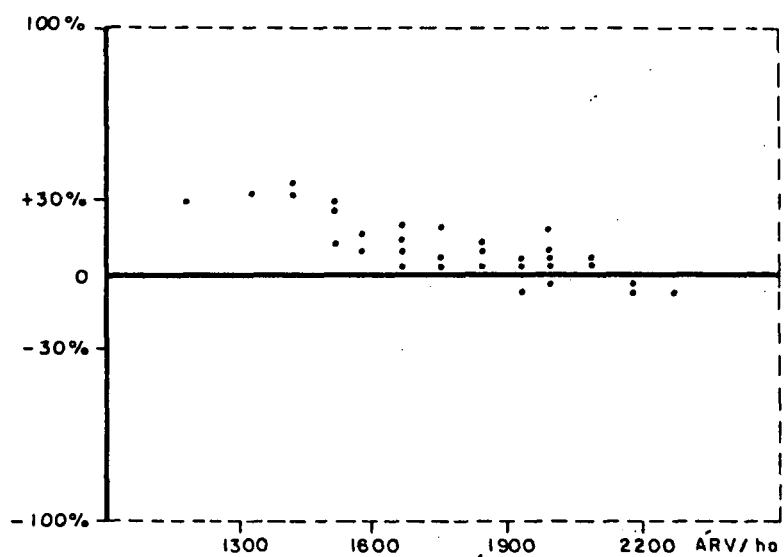


FIGURA 7: Resíduos da predição do número de árvores de 60 para 84 meses (situação 1).

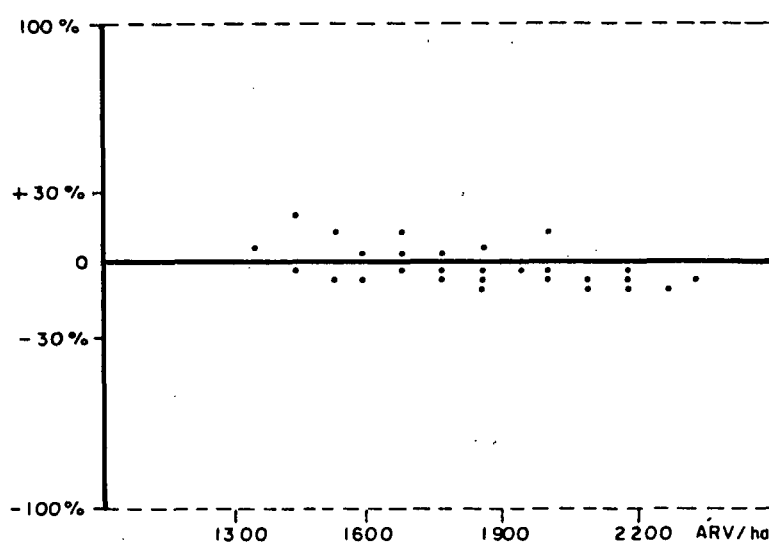


FIGURA 8: Resíduos da predição do número de árvores de 72 para 84 meses (situação 1).

As FIGURAS 9, 10 e 11 apresentam a mesma situação para o modelo ajustado com os dados das parcelas temporárias e remediações do experimento.

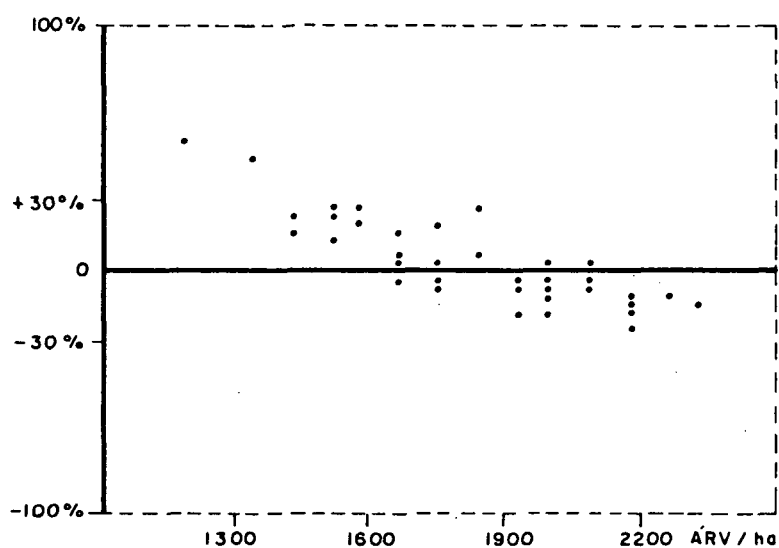


FIGURA 9: Resíduos da predição do número de árvores de 36 para 84 meses (situação 2).

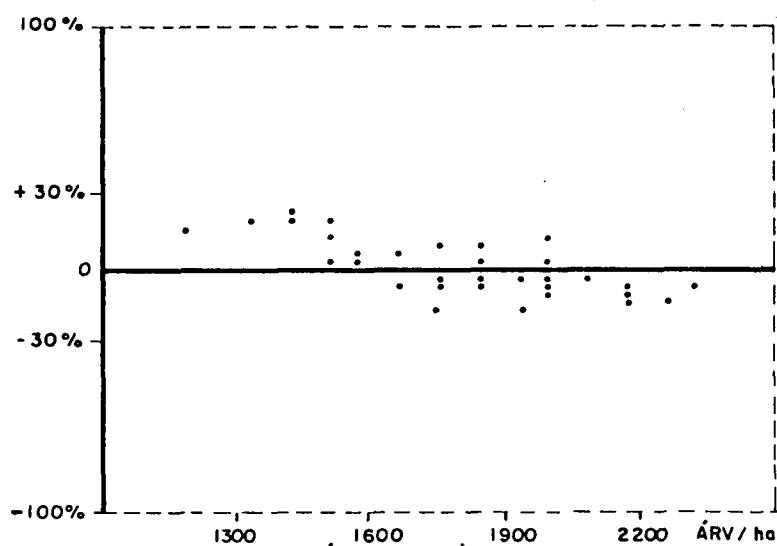


FIGURA 10: Resíduos da predição do número de árvores de 60 para 84 meses (situação 2).

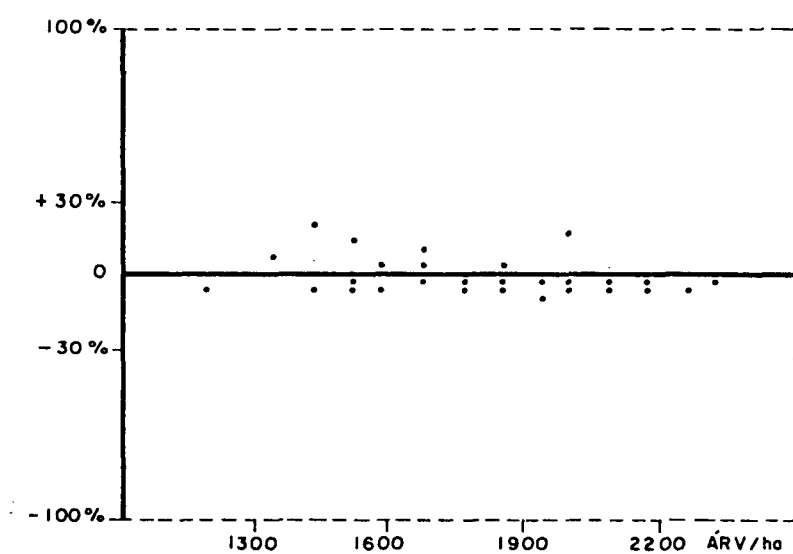


FIGURA 11: Resíduos da predição do número de árvores de 72 para 84 meses (situação 2).

A aplicação do modelo de sobrevivência para estimativa do número de árvores por hectare ao longo da vida do acacial, resultou em comportamentos distintos para cada classe de sítio, conforme é apresentado na FIGURA 12.

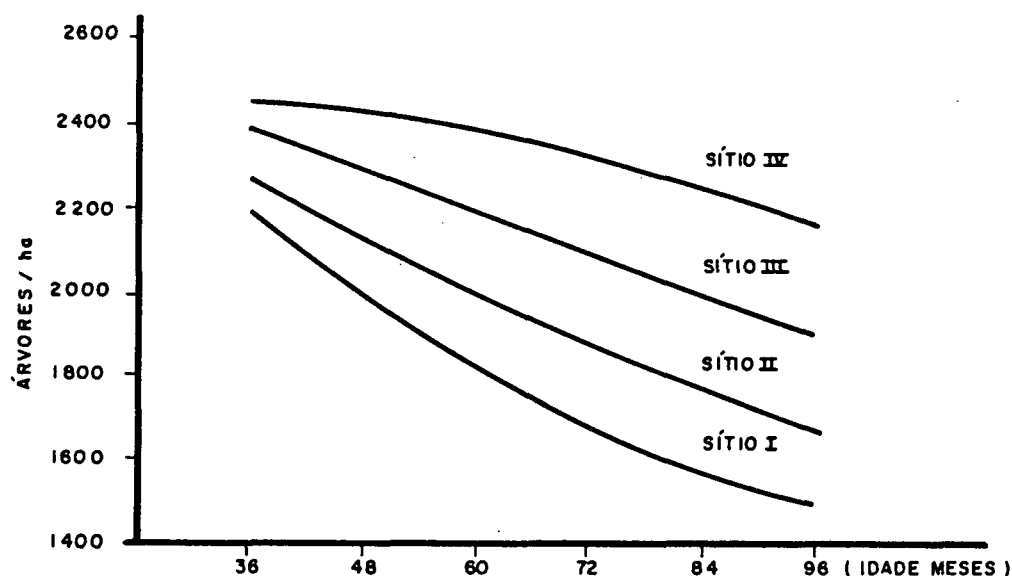


FIGURA 12: Evolução da sobrevivência da acácia-negra por sítio.

Esta tendência de ocorrer maior mortalidade nos sítios mais produtivos concorda com os estudos de BAILEY et al.¹ para *Pinus elliottii* não desbastados e de SCOLFORO⁴³ para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* antes do primeiro desbaste. De forma geral a sobrevivência é menor para povoamentos com maior índice de sítio para uma dada idade e mesma densidade inicial.

4.5. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE CRESCIMENTO E PRODUÇÃO

4.5.1. Análise a Partir das Características Observadas

Para cada uma das 53 parcelas reservadas para esta consistência, foram calculados os valores de altura dominante, número de árvores por hectare, variância do DAP, DAP mínimo, idade, volume de madeira e peso de casca seca por classe de diâmetro (3 centímetros) e para o total aplicando-se a mesma metodologia utilizada para as 328 parcelas do estudo.

Estimou-se através dos modelos ajustados os diâmetros percentis 20, 30, 40, 80 e 90, os quais, utilizados 2 a 2, possibilitaram a recuperação dos coeficientes de Weibull. Seis distribuições foram obtidas pela utilização das seguintes combinações de diâmetros percentis: D20/D90, D30/D90, D20/D80, D30/D80, D40/D90 e D40/D80. Após a estimativa da altura média, volume de madeira e peso de casca por classe de DAP de 3 centímetros, obteve-se os valores médios por hectare, reais e estimados.

Aplicou-se o teste t pareado para comparação entre os valores reais totais de volume de madeira e peso de casca seca de acácia-negra, com aqueles estimados pelas distribuições diamétricas, e os resultados estão apresentados na TABELA 15.

TABELA 15: Comparação dos valores estimados e reais pelo teste t pareado.

DAP	VOLUME			PESO		
	(percentis)	Correl.(%)	Teste t (95%)	Correl.(%)	Teste t (95%)	
D20/D90		96,0	5,36 *	96,1	5,24 *	
D20/D80		96,0	3,98 *	95,6	3,81 *	
D30/D90		96,0	3,48 *	96,1	3,27 *	
D30/D80		93,9	-0,54 ns	93,4	-0,75 ns	
D40/D90		95,4	-0,40 ns	95,3	-0,43 ns	
D40/D80		95,5	-0,02 ns	95,4	-0,03 ns	

Observa-se que as distribuições recuperadas pela combinação dos diâmetros percentis 30/80, 40/90 e 40/80, tanto para volume de madeira como para peso de casca seca, produzem valores totais estimados que podem ser considerados estatisticamente semelhantes aos valores reais, quando analisados pelo teste t pareado, concordando com os estudos de BARROS⁴ que verificou diferentes comportamentos das distribuições recuperadas por diferentes pares de diâmetro percentil. Embora tenham apresentado maior coeficiente de correlação, os valores originados pela utilização dos diâmetros percentis 20/90, 20/80 e 30/90, foram considerados estatisticamente diferentes ao nível de 95% de probabilidade.

A análise de resíduos representados graficamente em função da idade não apresentou tendência marcante, porém observou-se uma maior variação nas idades inferiores (24 meses), evidenciando uma instabilidade já esperada das características do povoamento nas idades jovens.

Separou-se os dados por classe de sítio e efetuou-se as mesmas comparações pelo teste t pareado. Os resultados estão apresentados na TABELA 16.

TABELA 16: Comparação dos valores estimados e reais pelo teste t pareado por classe de sítio.

SÍTIO	Nº DE OBS.	DIÂMETROS PERCENTIS	VALOR DE t	
			VOLUME (95%)	PESO (95%)
I	7	D20/D90	2,54 *	2,46 *
		D20/D80	0,81 ns	0,79 ns
		D30/D90	0,99 ns	0,88 ns
		D30/D80	-2,10 ns	-2,15 ns
		D40/D90	-1,52 ns	-1,48 ns
		D40/D80	-1,32 ns	-1,28 ns
II	20	D20/D90	4,76 *	4,71 *
		D20/D80	3,37 *	3,37 *
		D30/D90	3,03 *	2,92 *
		D30/D80	-0,19 ns	-0,25 ns
		D40/D90	0,10 ns	0,19 ns
		D40/D80	0,48 ns	0,59 ns
III	13	D20/D90	1,94 ns	2,00 ns
		D20/D80	2,07 ns	2,11 ns
		D30/D90	1,27 ns	1,29 ns
		D30/D80	1,59 ns	1,60 ns
		D40/D90	0,39 ns	0,47 ns
		D40/D80	0,50 ns	0,59 ns
IV	13	D20/D90	1,50 ns	1,29 ns
		D20/D80	1,94 ns	1,40 ns
		D30/D90	1,50 ns	1,26 ns
		D30/D80	2,06 ns	1,39 ns
		D40/D90	1,72 ns	1,13 ns
		D40/D80	1,64 ns	1,07 ns

As análises dos valores totais de volume e peso de casca quando analisados por classe de sítio apresentaram, de forma geral, um melhor comportamento, tendo os valores de teste t pareado, na maioria dos casos, resultado em não significância, ou seja, as populações podem ser consideradas estatisticamente iguais.

Para a comparação das classes diamétricas utilizou-se da técnica não paramétrica do teste Kolmogorov-Smirnof. A TABELA 17 apresenta o percentual do número de casos da maior divergência entre as distribuições acumuladas estimadas e a real para volume de madeira.

TABELA 17: Comparação entre distribuição real e estimada de volume de madeira em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).

MÁXIMA DIVERGÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOF				
COMPARAÇÃO	0 - 10%	10% - 20%	> 20%	CLASSIF.
Vreal X V20/90	47,9	47,9	4,2	5º
Vreal X V20/80	54,2	35,4	10,4	4º
Vreal X V30/90	33,3	62,5	4,2	3º
Vreal X V30/80	35,4	52,1	12,5	1º
Vreal X V40/90	45,8	43,8	10,4	2º
Vreal X V40/80	41,7	45,8	12,5	6º

Da mesma forma, a TABELA 18 apresenta o percentual do número de casos da maior divergência entre as distribuições acumuladas estimadas e real para peso de casca seca.

TABELA 18: Comparação entre distribuição real e estimada de peso de casca em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).

MÁXIMA DIVERGÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOF				
COMPARAÇÃO	0 - 10%	10% - 20%	> 20%	CLASSIF.
Preal X P20/90	52,1	41,7	6,2	4º
Preal X P20/80	54,2	35,4	10,4	5º
Preal X P30/90	41,7	52,1	6,2	1º
Preal X P30/80	43,8	41,7	14,5	2º
Preal X P40/90	52,1	33,3	14,6	3º
Preal X P40/80	47,9	37,5	14,6	6º

As distribuições estimadas, de forma geral, representam com razoável precisão a distribuição real, quando analisadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnof. Em média 9,0 % dos casos de volume e 11,1 % dos casos de peso tiveram suas máximas divergências entre as distribuições acumuladas real e estimadas, maior que 20 %.

Quando comparadas entre si, as distribuições de volume recuperadas pelos diâmetros percentis 30/80 seguido do par 40/90 foram as que tiveram o maior número de casos com menor divergência máxima. Para peso de casca esta situação ocorreu com os diâmetros percentis 30/90 seguido dos pares 30/80 e 40/90.

Ao se analisar as predições por classe diamétrica e para o total do povoamento, percebeu-se um comportamento diferenciado dos resultados dos testes aplicados. Para a produção total, os diâmetros percentis que melhor recuperaram os coeficientes de Weibull foram os pares 30/80, 40/90 e 40/80, através da análise do teste "t" pareado. Quando se avalia o comportamento por

classe diamétrica pelo teste de Kolmogorov-Smirnof, os melhores resultados não seguem à risca esta situação. Tanto para volume como para peso o par 40/80 posicionou-se em último lugar. Uma possível explicação está na natureza dos testes (paramétricos e não paramétricos), os quais não fornecem resultados comparáveis numa mesma base.

A FIGURA 13 exemplifica as distribuições estimadas e real de peso de casca seca para um caso em que a divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof foi menor que 10 % para todas as distribuições.

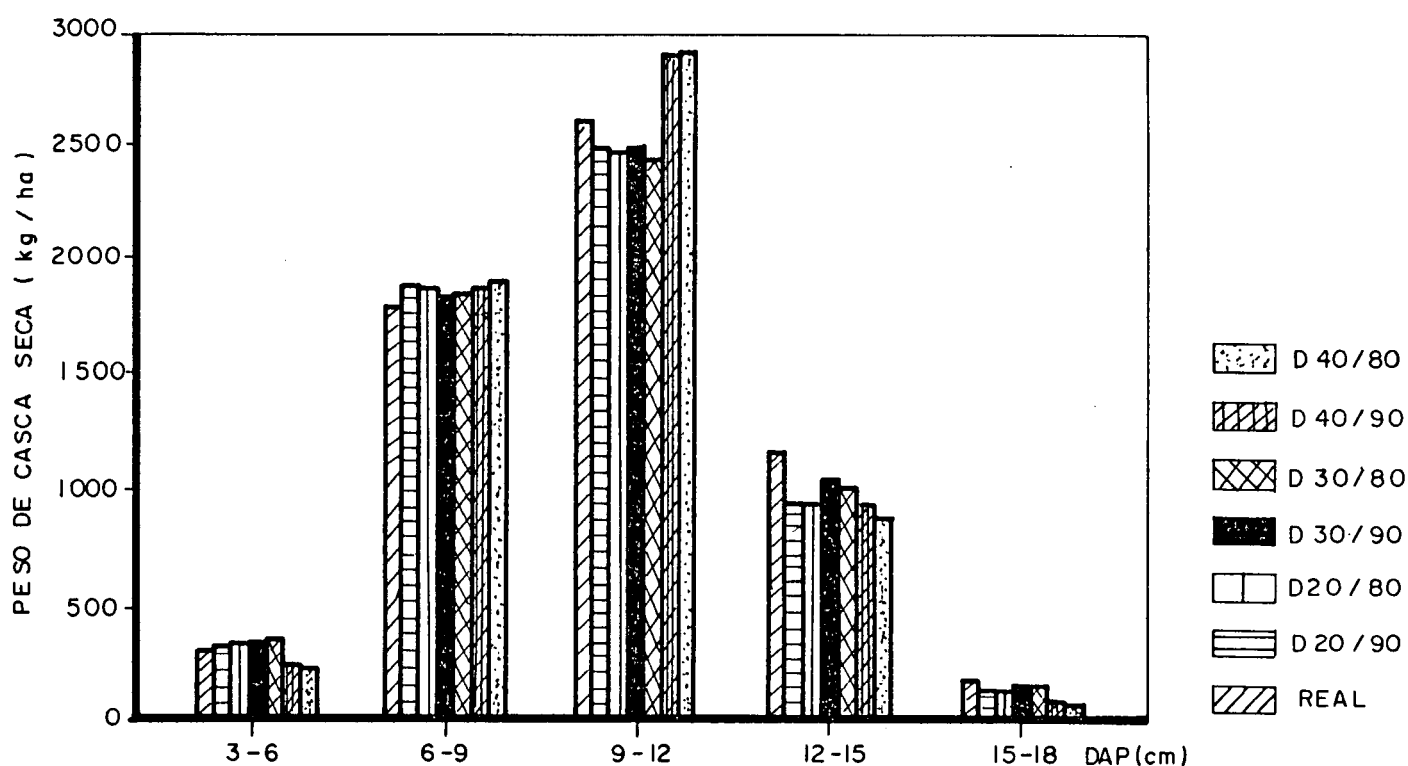


FIGURA 13: Peso de casca seca por classe de diâmetro, real e estimadas para o caso de divergência máxima (KS) menor que 10 %.

A FIGURA 14 exemplifica as distribuições estimadas e real de peso de casca seca para um caso em que a divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof ficou compreendida entre 10 e 20 %.

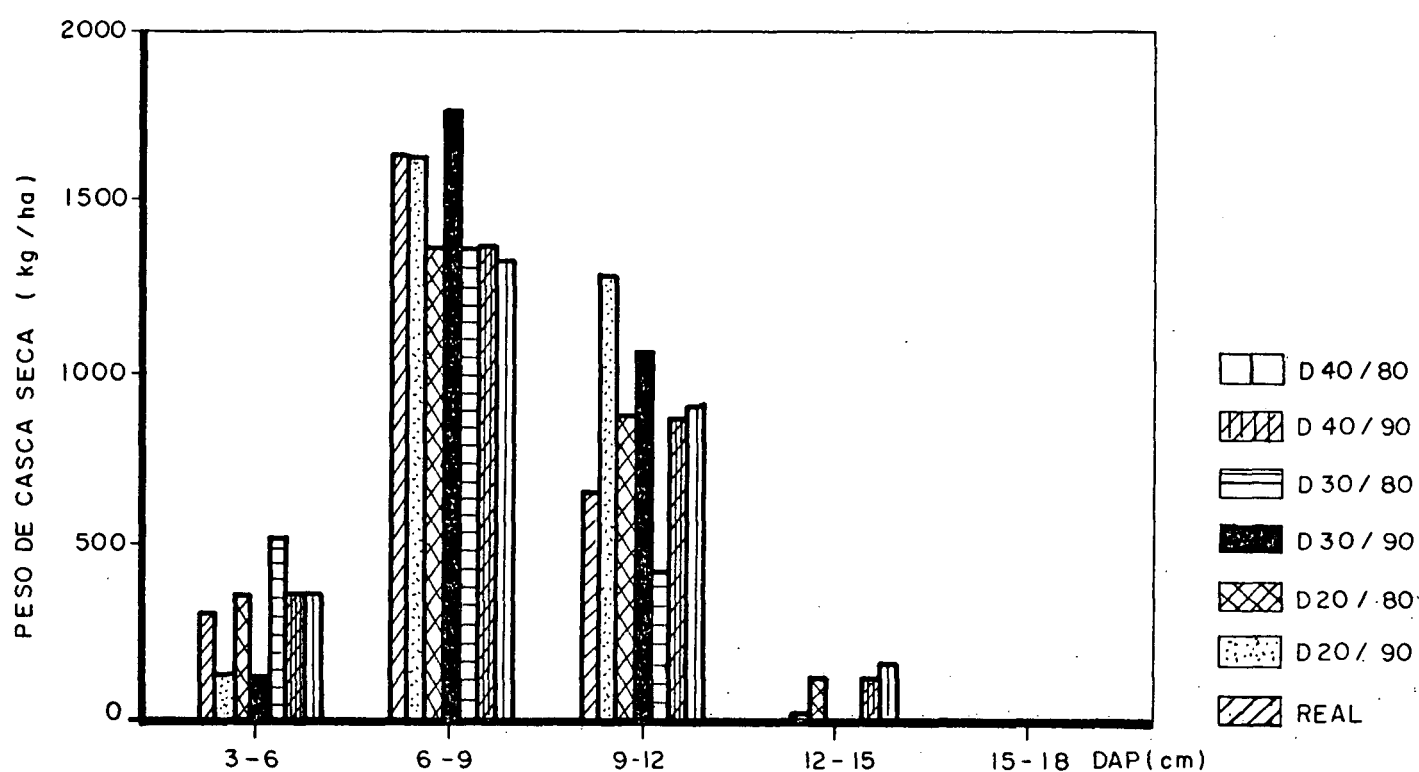


FIGURA 14: Peso de casca seca por classe de diâmetro, real e estimadas para um caso de divergência máxima (KS) compreendido entre 10 e 20 %.

Em APÊNDICE encontra-se uma série de tabelas de produção para volume de madeira e peso de casca seca de acácia-negra discriminadas por classe de diâmetro, sítio, idade e densidade populacional. Estas características do povoamento foram a base

para a estimativa dos atributos altura dominante, variância dos diâmetros, diâmetro mínimo, diâmetros percentis, altura média das classes de DAP, através dos modelos selecionados no presente estudo. Os diâmetros percentis utilizados para a recuperação dos coeficientes de Weibull foi o par 30/80 por ter apresentado bom comportamento tanto para estimativa por classe de diâmetro como para o total.

4.5.2. Análise a Partir das Características Estimadas

Nesta avaliação utilizou-se como base de comparação os dados das remediações do experimento. Adotou-se como idade inicial (I_1) 36 meses e projetou-se as características do povoamento (altura dominante e número de árvores por hectare) para 84 meses.

Obteve-se, então, a estimativa do diâmetro mínimo, variância do DAP, diâmetros percentis, e por fim, a recuperação dos coeficientes de Weibull para cada parcela. Assim, seis distribuições foram obtidas para cada parcela pela utilização dos pares de DAP percentil 20/90, 20/80, 30/90, 30/80, 40/90 e 40/80. Os valores de volume de madeira e peso de casca seca por classe de DAP e total foram, então, comparados aos valores reais mensurados aos 84 meses. A TABELA 19 apresenta a comparação entre os valores observados e estimados totais através dos seis pares de diâmetros percentis, pelo teste t pareado.

TABELA 19: Comparação entre valores estimados de 36 para 84 meses com os valores reais pelo teste t pareado.

DIÂMETROS PERCENTIS	VOLUME DE MADEIRA		PESO DE CASCA	
	Teste t	Sign. (95%)	Teste t	Sign. (95%)
D20/D90	8,13	*	7,74	*
D20/D80	5,19	*	4,99	*
D30/D90	5,09	*	4,68	*
D30/D80	-2,49	*	2,65	*
D40/D90	0,22	ns	0,27	ns
D40/D80	0,97	ns	1,04	ns

Por esta avaliação observa-se o bom comportamento das distribuições recuperadas pelos diâmetros percentis 40/90 e 40/80, tanto para volume de madeira como para peso de casca total.

A análise dos resíduos confirmou o teste estatístico demonstrando acentuada tendência para as estimativas a partir dos DAPs percentis 20/90, 20/80, 30/90 e 30/80, e aceitável dispersão nas estimativas originadas pelos DAPs percentis 40/90 e 40/80.

Na comparação das classes diamétricas estimadas e observadas de cada parcela aos 84 meses, aplicou-se o teste Kolmogorov-Smirnof. A TABELA 20 apresenta o percentual de casos ocorridos por classe de maior divergência entre as distribuições acumuladas e estimadas para volume de madeira.

TABELA 20: Comparação entre as distribuições de volume real e as estimadas de 36 para 84 meses em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).

MÁXIMA DIVERGÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOF				
COMPARAÇÃO	0 - 10%	10% - 20%	> 20%	CLASSIF.
Vreal X V20/90	13,6	54,5	31,8	4º
Vreal X V20/80	18,2	54,5	27,3	5º
Vreal X V30/90	13,6	59,1	27,3	3º
Vreal X V30/80	15,9	47,7	36,4	2º
Vreal X V40/90	18,2	38,6	43,2	1º
Vreal X V40/80	18,2	38,6	43,2	6º

O mesmo teste foi aplicado para as estimativas do peso de casca seca aos 84 meses e os resultados estão apresentados na TABELA 21.

TABELA 21: Comparação entre as distribuições do peso de casca real e as estimadas de 36 para 84 meses em percentual do número de casos de máxima divergência (KS).

MÁXIMA DIVERGÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOF				
COMPARAÇÃO	0 - 10%	10% - 20%	> 20%	CLASSIF.
Preal X P20/90	14,6	57,1	28,6	4º
Preal X P20/80	19,5	57,1	23,8	5º
Preal X P30/90	14,3	59,5	26,7	3º
Preal X P30/80	14,3	50,0	35,7	1º
Preal X P40/90	16,7	47,6	35,7	2º
Preal X P40/80	14,3	45,2	40,5	6º

Observa-se tanto para volume de madeira como para peso de casca seca, uma menor eficiência na estimativa das classes diamétricas futuras quando comparadas com a predição presente. Isto se verifica pelo menor percentual do número de casos com divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof menor que 10% (em média 16,3% para volume e 15,6% para peso) e um aumento para divergências máximas acima de 20% (em média 34,9% para volume e 31,7% para peso).

Quando comparadas entre si, as distribuições de volume recuperadas pelos diâmetros percentis 40/90 situaram-se em primeiro lugar, ou seja, na maioria dos casos foram as que tiveram a menor divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof. Para peso de casca as distribuições recuperadas pelos diâmetros percentis 30/80 foram as melhor classificadas, seguida das distribuições recuperadas pelos DAPs percentis 40/90.

A FIGURA 15 exemplifica um caso em que a comparação entre a distribuição real e as distribuições estimadas de 36 para 84 meses para volume de madeira não ultrapassaram 10% de divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof.

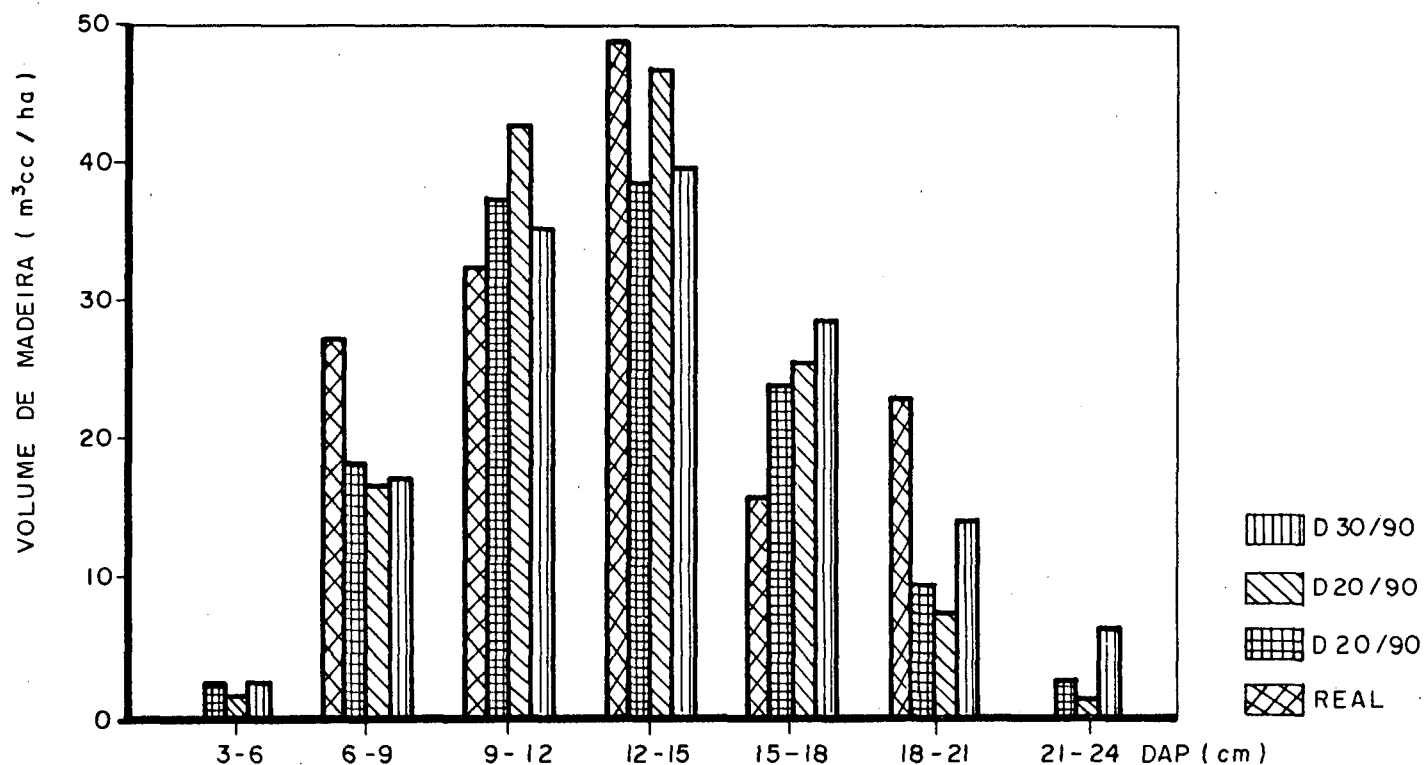


FIGURA 15: Volume de madeira, real e estimado por classe de diâmetro para um caso de divergência (KS) menor que 10%.

Da mesma forma a FIGURA 16 exemplifica um caso com divergência máxima de Kolmogorov-Smirnof compreendido entre 10 e 20 % para volume de madeira.

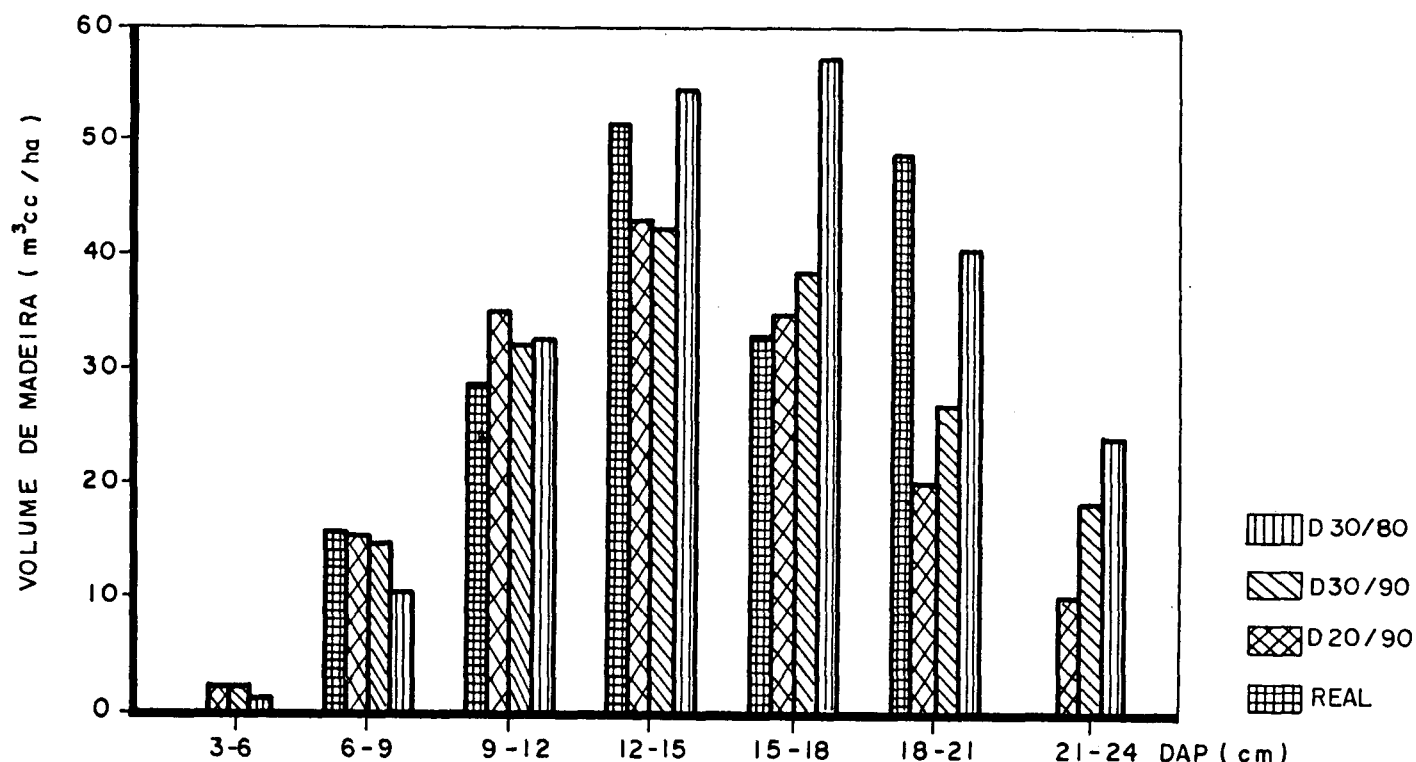


FIGURA 16: Volume de madeira, real e estimado por classe de diâmetro para um caso de divergência (KS) compreendida entre 10 e 20%.

Nas estimativas das distribuições futuras, dois aspectos devem ser considerados:

- as parcelas experimentais utilizadas como comparativo possuem área 3,5 vezes menor que as das parcelas temporárias (base para o estudo) o que influencia diretamente a determinação dos valores por classe diamétrica;

- sendo 48 meses o intervalo da predição, o que significa próximo a metade da rotação da acacicultura no Rio Grande do Sul (normalmente é realizado corte raso aos 84 meses de idade), as estimativas podem ser aceitas como eficientes para embasar tomadas de decisão.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

. O modelo de crescimento e produção florestal desenvolvido, a partir de parcelas temporárias propicia informações confiáveis do volume de madeira e peso de casca seca por hectare para os plantios de acácia-negra no Rio Grande do Sul.

. A obtenção dos parâmetros da função Weibull através das características do povoamento é possível e eficaz para a estimativa das distribuições diamétricas.

. A utilização de distintos pares de diâmetros percentis para a recuperação dos coeficientes "b" e "c" da função Weibull, fornece resultados diferenciados acerca da distribuição de diâmetros.

. Os diâmetros percentis apresentaram boa correlação com as características do povoamento e foram melhor ajustados quando o termo variância dos diâmetros foi adicionado ao modelo.

. O comportamento dos modelos melhorou com o aumento dos percentis, ou seja, o modelo para diâmetro percentil 90 teve melhor ajuste que o modelo para diâmetro percentil 80 e assim sucessivamente.

. O diâmetro mínimo da amostragem mostrou razoável correlação com as características do povoamento ($R^2 = 73\%$).

. O modelo para estimar a variância dos diâmetros ajustado em função das características do povoamento mostrou-se não tendencioso e com coeficiente de determinação igual à 79,3%.

. Para a predição da produção presente os pares de diâmetro percentil 30/80, 40/90 e 40/80 propiciaram estimativas confiáveis para volume de madeira e peso de casca seca por hectare, com correlações acima de 93 % com os valores reais.

. Para a predição presente por classe diamétrica os pares de diâmetros percentis 30/80 e 40/90 foram os mais eficazes para volume de madeira, enquanto que os pares de diâmetros percentis 30/90 e 30/80 explicaram melhor para peso de casca seca. Mesmo assim, as distribuições recuperadas pelos demais pares de diâmetros percentis testados forneceram estimativas razoáveis para as predições correntes.

. A estimativa futura do volume de madeira e peso de casca é possível, embora não tenha apresentado o comportamento da predição presente.

. Para os valores totais de volume de madeira e peso de casca seca, os melhores resultados foram obtidos pela recuperação do parâmetros de Weibull através dos pares de diâmetro percentil 40/90 e 40/80.

. Para a predição das classes diamétricas futuras os melhores resultados foram obtidos através dos diâmetros percentis 40/90 e 30/80 para volume de madeira e 30/80 e 40/90 para peso de casca seca.

. O coeficiente "a" da função Weibull, que indica o menor diâmetro da população encontra estreita relação com o diâmetro mínimo da amostragem. Para acácia-negra o valor de "a"

é melhor estimado quando a relação $a = 0,70$. D_{min} é respeitada.

. A equação de relação hipsométrica genérica mostrou bom comportamento, com coeficiente de determinação igual a 90,9%, erro padrão da estimativa igual a 1,0 metro e sem tendência da distribuição gráfica dos resíduos analisados em função da idade.

. Os povoamentos amostrados apresentaram grande variação de altura dominante, com amplitude de 9,1 metros aos 72 meses. A partir desta idade, o crescimento em altura dominante já entra em estabilização atingindo seu valor assintótico, que na média situou-se em 16,0 metros.

. O ajuste do modelo de sobrevivência teve sensível melhora quando foi desenvolvido com a base de dados de parcelas remedidas do experimento e parcelas temporárias.

RECOMENDAÇÕES

Para o aprimoramento do presente estudo é de grande conveniência:

- . instalar parcelas permanentes desde o início da implantação dos acaciais para o acompanhamento de sobrevivência e possibilitar a obtenção de equações mais representativas.

- . adequar o modelo de crescimento e produção, utilizando dados de parcelas permanentes e instaladas em plantios com densidade inicial de 2.000 árvores/ha, por ser esta a tendência da silvicultura da acácia-negra, adotado principalmente pelas empresas verticalizadas.

- . testar outros pares de diâmetro percentil para recuperação dos parâmetros da função Weibull.

- . incluir na análise o termo área basal estabelecendo um sistema compatível entre predições por classe diamétrica e para a produção total.

APÊNDICE

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 36 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	11.8	11.4	1009.6
	9 a 12	13.2	35.9	2821.0
	12 a 15	14.0	21.6	1634.1
	15 a 18	14.6	2.0	147.7
			71.3	5671.0
1400	3 a 6	9.3	0.6	89.6
	6 a 9	11.7	15.1	1347.4
	9 a 12	13.1	40.7	3199.5
	12 a 15	13.9	18.4	1386.1
	15 a 18	14.5	1.0	73.3
			75.8	6095.8
1600	3 a 6	9.2	0.9	133.3
	6 a 9	11.7	19.5	1735.5
	9 a 12	13.0	43.7	3438.6
	12 a 15	13.8	14.7	1110.9
			79.3	6454.7
1800	3 a 6	9.2	1.4	196.1
	6 a 9	11.6	24.2	2163.0
	9 a 12	12.9	44.8	3521.5
	12 a 15	13.7	11.1	840.2
			81.7	6732.8
2000	3 a 6	9.1	1.9	280.6
	6 a 9	11.5	29.2	2611.3
	9 a 12	12.8	43.9	3455.3
	12 a 15	13.6	8.0	604.8
			83.2	6964.0

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE AGACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 48 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	12.8	5.9	516.3
	9 a 12	14.5	27.1	2109.8
	12 a 15	15.6	46.1	3468.3
	15 a 18	16.3	32.8	2446.1
	18 a 21	16.9	9.4	699.7
	21 a 24	17.4	1.0	78.9
			122.5	9348.3
1400	6 a 9	12.7	7.8	682.2
	9 a 12	14.3	34.0	2649.6
	12 a 15	15.4	52.0	3913.1
	15 a 18	16.2	30.3	2263.3
	18 a 21	16.8	6.2	462.6
			130.9	10037.5
1600	6 a 9	12.6	10.2	891.5
	9 a 12	14.2	41.3	3216.2
	12 a 15	15.3	55.6	4187.0
	15 a 18	16.1	26.1	1951.1
	18 a 21	16.6	3.8	287.0
			137.4	10590.4
1800	6 a 9	12.5	13.1	1146.5
	9 a 12	14.1	48.5	3778.2
	12 a 15	15.2	56.6	4258.2
	15 a 18	16.0	21.1	1577.8
	18 a 21	16.5	2.3	171.1
			142.2	11013.0
2000	6 a 9	12.4	16.5	1449.8
	9 a 12	14.0	55.2	4304.9
	12 a 15	15.1	55.1	4147.5
	15 a 18	15.9	16.2	1209.9
	18 a 21	16.4	1.3	94.5
			145.1	11321.5

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 60 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	13.2	5.3	458.6
	9 a 12	15.1	22.0	1707.5
	12 a 15	16.3	42.1	3164.3
	15 a 18	17.2	45.2	3372.8
	18 a 21	17.9	28.7	2150.8
	21 a 24	18.4	12.2	917.3
			155.7	11805.7
1400	6 a 9	13.1	6.7	582.5
	9 a 12	14.9	27.5	2132.1
	12 a 15	16.2	50.2	3772.4
	15 a 18	17.0	48.8	3643.8
	18 a 21	17.7	26.1	1949.9
	21 a 24	18.2	8.4	633.9
			168.0	12758.1
1600	6 a 9	13.0	8.4	734.1
	9 a 12	14.8	33.6	2607.9
	12 a 15	16.0	57.5	4319.6
	15 a 18	16.9	49.8	3716.7
	18 a 21	17.6	22.1	1653.4
	21 a 24	18.1	5.5	410.4
			177.3	13498.7
1800	6 a 9	12.9	10.6	921.7
	9 a 12	14.7	40.1	3118.0
	12 a 15	15.9	63.3	4762.0
	15 a 18	16.8	48.2	3594.9
	18 a 21	17.5	17.7	1322.3
	21 a 24	18.0	3.3	244.6
			183.7	14039.6
2000	6 a 9	12.8	13.1	1144.9
	9 a 12	14.6	46.8	3640.8
	12 a 15	15.8	67.6	5083.4
	15 a 18	16.7	44.5	3323.3
	18 a 21	17.3	13.3	996.0
	21 a 24	17.9	1.8	135.1
			187.8	14426.8

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 72 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	13.2	5.5	479.8
	9 a 12	15.2	20.1	1558.8
	12 a 15	16.5	37.5	2814.9
	15 a 18	17.5	44.1	3294.5
	18 a 21	18.2	35.6	2668.3
	21 a 24	18.7	25.2	1898.0
			168.4	12768.2
1400	6 a 9	13.1	6.8	592.2
	9 a 12	15.1	24.9	1926.8
	12 a 15	16.4	45.1	3386.7
	15 a 18	17.3	49.8	3715.4
	18 a 21	18.0	36.2	2707.9
	21 a 24	18.6	21.3	1601.0
			184.5	13990.3
1600	6 a 9	13.0	8.4	729.7
	9 a 12	15.0	30.1	2335.9
	12 a 15	16.3	52.4	3934.6
	15 a 18	17.2	53.7	4004.6
	18 a 21	17.9	34.6	2585.6
	21 a 24	18.4	16.7	1254.7
			196.4	14916.8
1800	6 a 9	12.9	10.3	894.7
	9 a 12	14.9	35.8	2774.8
	12 a 15	16.2	59.1	4441.1
	15 a 18	17.1	55.4	4136.1
	18 a 21	17.8	31.3	2344.7
	21 a 24	18.3	12.1	914.1
			204.6	15596.8
2000	6 a 9	12.8	12.5	1090.0
	9 a 12	14.8	41.7	3237.9
	12 a 15	16.1	64.7	4861.3
	15 a 18	17.0	55.1	4112.8
	18 a 21	17.7	27.1	2027.1
	21 a 24	18.2	8.4	633.4
			210.3	16079.5

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 84 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	13.1	6.0	518.7
	9 a 12	15.2	19.3	1497.7
	12 a 15	16.6	34.2	2566.5
	15 a 18	17.6	41.0	3062.2
	18 a 21	18.3	36.2	2706.4
	21 a 24	18.9	32.6	2454.3
			169.9	12886.7
1400	6 a 9	13.0	7.2	630.5
	9 a 12	15.1	23.6	1832.8
	12 a 15	16.5	41.2	3094.8
	15 a 18	17.4	47.1	3516.4
	18 a 21	18.1	38.6	2891.7
	21 a 24	18.7	29.7	2235.4
			188.0	14287.5
1600	6 a 9	12.9	8.8	764.4
	9 a 12	15.0	28.4	2203.9
	12 a 15	16.3	48.0	3609.0
	15 a 18	17.3	52.0	3880.7
	18 a 21	18.0	38.9	2911.9
	21 a 24	18.6	25.7	1938.1
			202.5	15404.0
1800	6 a 9	12.8	10.5	920.2
	9 a 12	14.9	33.5	2599.6
	12 a 15	16.2	54.5	4091.2
	15 a 18	17.2	55.1	4114.2
	18 a 21	17.9	37.3	2790.6
	21 a 24	18.5	21.1	1590.7
			212.8	16220.4
2000	6 a 9	12.8	12.6	1103.3
	9 a 12	14.8	38.9	3020.0
	12 a 15	16.1	60.1	4514.7
	15 a 18	17.1	56.3	4205.0
	18 a 21	17.8	34.4	2570.6
	21 a 24	18.3	16.6	1248.5
			219.9	16802.8

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> I

IDADE -> 96 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	13.1	6.4	560.2
	9 a 12	15.2	18.9	1462.9
	12 a 15	16.6	31.8	2388.2
	15 a 18	17.6	38.0	2835.2
	18 a 21	18.4	35.2	2631.9
	21 a 24	19.0	35.8	2694.2
			166.9	12681.7
1400	6 a 9	13.0	7.7	674.2
	9 a 12	15.1	23.0	1781.3
	12 a 15	16.5	38.4	2880.7
	15 a 18	17.5	44.1	3292.5
	18 a 21	18.2	38.2	2860.3
	21 a 24	18.8	34.7	2614.5
			186.9	14216.2
1600	6 a 9	12.9	9.2	804.5
	9 a 12	15.0	27.4	2124.7
	12 a 15	16.4	44.7	3359.5
	15 a 18	17.3	49.2	3673.9
	18 a 21	18.1	39.6	2963.9
	21 a 24	18.7	31.5	2369.6
			202.5	15419.9
1800	6 a 9	12.8	11.0	959.6
	9 a 12	14.9	32.1	2493.0
	12 a 15	16.2	50.8	3815.8
	15 a 18	17.2	53.0	3952.5
	18 a 21	18.0	39.4	2944.8
	21 a 24	18.5	27.5	2074.0
			214.8	16381.2
2000	6 a 9	12.7	13.0	1136.3
	9 a 12	14.8	37.0	2875.2
	12 a 15	16.1	56.2	4222.8
	15 a 18	17.1	55.1	4116.0
	18 a 21	17.8	37.8	2825.5
	21 a 24	18.4	23.3	1755.4
			223.6	17099.3

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SÍTIO -> II

IDADE -> 36 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MÉDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m ³ /ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	8.3	1.3	204.3
	6 a 9	10.5	16.7	1527.2
	9 a 12	11.6	21.0	1673.5
	12 a 15	12.4	3.8	284.9
			42.8	3689.9
1400	3 a 6	8.2	1.9	293.7
	6 a 9	10.4	20.4	1867.5
	9 a 12	11.5	20.6	1643.6
	12 a 15	12.3	2.6	195.7
			45.5	4000.5
1600	3 a 6	8.2	2.7	409.7
	6 a 9	10.3	23.8	2188.5
	9 a 12	11.4	19.3	1536.2
	12 a 15	12.2	1.7	129.6
			47.5	4264.0
1800	3 a 6	8.1	3.6	556.0
	6 a 9	10.2	26.8	2468.9
	9 a 12	11.4	17.3	1378.4
	12 a 15	12.1	1.1	85.9
			48.8	4489.9
2000	3 a 6	8.1	4.8	732.2
	6 a 9	10.2	29.2	2694.9
	9 a 12	11.3	14.9	1192.5
	12 a 15	12.0	0.7	49.8
			49.6	4672.5

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> II

IDADE -> 48 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	8.6	0.6	89.2
	6 a 9	11.3	10.9	976.8
	9 a 12	12.8	30.0	2357.7
	12 a 15	13.8	24.4	1841.4
	15 a 18	14.5	6.0	450.8
			72.4	5750.5
1400	3 a 6	8.5	0.8	126.4
	6 a 9	11.2	14.0	1257.4
	9 a 12	12.7	34.5	2720.8
	12 a 15	13.7	23.2	1755.1
	15 a 18	14.3	4.2	314.2
			76.9	6191.0
1600	3 a 6	8.5	1.2	177.2
	6 a 9	11.1	17.5	1576.8
	9 a 12	12.6	38.0	2995.3
	12 a 15	13.5	20.9	1576.7
	15 a 18	14.2	2.9	216.0
			80.5	6542.0
1800	3 a 6	8.4	1.6	245.1
	6 a 9	11.1	21.3	1922.1
	9 a 12	12.5	40.2	3173.6
	12 a 15	13.5	17.9	1354.6
	15 a 18	14.1	1.8	131.2
			82.8	6826.5
2000	3 a 6	8.4	2.2	334.0
	6 a 9	11.0	25.2	2280.5
	9 a 12	12.4	41.1	3242.9
	12 a 15	13.4	14.8	1120.1
	15 a 18	14.0	1.1	83.0
			84.4	7060.4

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> II

IDADE -> 60 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	11.6	8.8	785.3
	9 a 12	13.3	27.0	2114.9
	12 a 15	14.4	32.4	2447.0
	15 a 18	15.1	17.9	1335.3
	18 a 21	15.7	4.6	344.1
	21 a 24	16.2	0.7	49.1
			91.9	7152.3
1400	6 a 9	11.5	11.2	1003.7
	9 a 12	13.2	32.3	2536.0
	12 a 15	14.2	34.7	2618.2
	15 a 18	15.0	15.7	1173.0
	18 a 21	15.6	3.1	233.5
			98.0	7693.8
1600	3 a 6	8.4	0.9	142.2
	6 a 9	11.4	14.0	1257.0
	9 a 12	13.1	37.4	2933.9
	12 a 15	14.1	35.2	2657.8
	15 a 18	14.9	13.1	976.8
	18 a 21	15.5	1.9	142.6
			102.5	8110.4
1800	3 a 6	8.4	1.3	192.8
	6 a 9	11.3	17.2	1544.9
	9 a 12	13.0	41.7	3280.2
	12 a 15	14.0	34.2	2584.5
	15 a 18	14.8	10.3	771.6
	18 a 21	15.4	1.2	88.6
			105.9	8462.6
2000	3 a 6	8.3	1.7	256.9
	6 a 9	11.3	20.6	1856.9
	9 a 12	12.9	45.2	3551.5
	12 a 15	13.9	32.0	2415.9
	15 a 18	14.7	8.0	594.0
			108.2	8728.1

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> II

IDADE -> 72 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	11.7	8.3	744.0
	9 a 12	13.5	24.5	1918.0
	12 a 15	14.6	32.6	2454.1
	15 a 18	15.4	23.6	1763.9
	18 a 21	16.1	9.9	740.4
	21 a 24	16.6	2.7	201.0
			102.2	7905.1
1400	6 a 9	11.6	10.5	934.7
	9 a 12	13.3	29.6	2320.7
	12 a 15	14.5	36.3	2737.9
	15 a 18	15.3	22.9	1710.8
	18 a 21	15.9	7.9	587.4
	21 a 24	16.4	1.7	124.6
			109.6	8526.9
1600	3 a 6	8.4	1.0	145.3
	6 a 9	11.5	12.9	1158.1
	9 a 12	13.2	34.5	2710.0
	12 a 15	14.4	38.6	2911.5
	15 a 18	15.2	21.2	1583.7
	18 a 21	15.8	5.9	437.3
	21 a 24	16.3	1.0	74.2
			115.1	9020.3
1800	3 a 6	8.3	1.3	192.0
	6 a 9	11.4	15.7	1408.8
	9 a 12	13.2	39.2	3076.8
	12 a 15	14.3	39.5	2977.0
	15 a 18	15.1	18.5	1383.4
	18 a 21	15.7	4.1	307.8
			118.6	9370.4
2000	3 a 6	8.3	1.7	250.9
	6 a 9	11.3	18.8	1686.5
	9 a 12	13.1	43.3	3397.0
	12 a 15	14.2	38.9	2936.1
	15 a 18	15.0	15.7	1173.7
	18 a 21	15.6	2.9	216.0
			121.6	9684.6

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> II

IDADE -> 84 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	11.6	8.4	745.3
	9 a 12	13.5	22.9	1790.6
	12 a 15	14.7	30.9	2330.2
	15 a 18	15.6	25.2	1880.9
	18 a 21	16.2	13.5	1008.0
	21 a 24	16.7	5.7	431.1
			107.2	8283.0
1400	6 a 9	11.5	10.3	925.1
	9 a 12	13.4	27.6	2164.9
	12 a 15	14.6	35.0	2641.9
	15 a 18	15.4	25.7	1917.3
	18 a 21	16.1	11.6	870.0
	21 a 24	16.6	4.0	301.8
			115.0	8944.8
1600	6 a 9	11.5	12.6	1132.5
	9 a 12	13.3	32.3	2531.2
	12 a 15	14.5	38.0	2867.6
	15 a 18	15.3	25.0	1865.1
	18 a 21	16.0	9.6	716.7
	21 a 24	16.5	2.7	199.7
			121.3	9473.2
1800	6 a 9	11.4	15.2	1364.5
	9 a 12	13.2	36.7	2880.0
	12 a 15	14.4	39.8	3000.7
	15 a 18	15.2	23.1	1725.5
	18 a 21	15.8	7.6	566.0
			125.5	9867.6
2000	6 a 9	11.3	18.0	1618.5
	9 a 12	13.1	40.8	3201.9
	12 a 15	14.3	40.3	3042.6
	15 a 18	15.1	20.6	1537.9
	18 a 21	15.8	5.8	435.7
			128.2	10176.0

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> II

IDADE -> 96 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	6 a 9	11.5	8.5	759.2
	9 a 12	13.4	21.7	1697.6
	12 a 15	14.7	29.0	2188.8
	15 a 18	15.5	25.2	1879.1
	18 a 21	16.2	15.2	1138.5
	21 a 24	16.7	8.1	609.0
			108.4	8384.5
1400	6 a 9	11.4	10.4	932.6
	9 a 12	13.3	26.0	2041.1
	12 a 15	14.5	33.2	2500.9
	15 a 18	15.4	26.3	1967.2
	18 a 21	16.1	14.1	1055.0
	21 a 24	16.6	6.4	478.1
			117.3	9115.1
1600	6 a 9	11.4	12.6	1128.2
	9 a 12	13.2	30.4	2381.8
	12 a 15	14.4	36.4	2743.8
	15 a 18	15.3	26.2	1953.2
	18 a 21	16.0	12.3	918.7
	21 a 24	16.5	4.7	349.7
			123.8	9653.2
1800	6 a 9	11.3	15.0	1348.5
	9 a 12	13.1	34.6	2715.2
	12 a 15	14.3	38.6	2910.6
	15 a 18	15.2	25.1	1877.1
	18 a 21	15.8	10.3	766.8
	21 a 24	16.4	3.0	223.3
			128.1	10067.8
2000	6 a 9	11.2	17.6	1588.1
	9 a 12	13.1	38.4	3016.9
	12 a 15	14.2	39.6	2986.1
	15 a 18	15.1	23.3	1739.6
	18 a 21	15.8	8.5	635.3
	21 a 24	16.3	2.0	148.0
			131.3	10400.9

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 36 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.2	3.1	514.7
	6 a 9	9.0	14.5	1379.3
	9 a 12	10.1	6.6	532.1
	12 a 15	10.7	0.4	32.1
			24.6	2460.5
1400	3 a 6	7.1	4.1	681.4
	6 a 9	9.0	16.0	1526.4
	9 a 12	10.0	5.7	461.3
	12 a 15	10.6	0.2	19.1
			26.0	2694.3
1600	3 a 6	7.1	5.2	871.8
	6 a 9	8.9	17.0	1622.4
	9 a 12	9.9	4.8	388.0
			27.2	2907.1
1800	3 a 6	7.0	6.5	1081.4
	6 a 9	8.8	17.4	1667.9
	9 a 12	9.8	3.9	315.7
			27.9	3093.6
2000	3 a 6	7.0	7.8	1304.3
	6 a 9	8.8	17.3	1665.8
	9 a 12	9.8	3.1	252.1
			28.3	3266.0

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 48 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.5	1.7	272.3
	6 a 9	9.8	14.6	1362.5
	9 a 12	11.1	17.9	1434.6
	12 a 15	11.9	5.3	403.3
	15 a 18	12.5	0.4	32.0
			39.9	3504.7
1400	3 a 6	7.4	2.3	372.1
	6 a 9	9.7	17.5	1632.8
	9 a 12	11.0	18.2	1454.2
	12 a 15	11.8	4.2	315.9
			42.5	3797.0
1600	3 a 6	7.3	3.0	495.2
	6 a 9	9.7	20.2	1887.4
	9 a 12	10.9	17.7	1415.4
	12 a 15	11.8	3.2	244.1
			44.2	4054.1
1800	3 a 6	7.3	3.9	642.5
	6 a 9	9.6	22.5	2110.6
	9 a 12	10.9	16.5	1323.1
	12 a 15	11.7	2.4	180.2
			45.3	4260.3
2000	3 a 6	7.2	5.0	812.9
	6 a 9	9.5	24.4	2291.3
	9 a 12	10.8	15.0	1203.0
	12 a 15	11.6	1.7	131.0
			46.1	4446.7

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 60 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.4	1.3	212.6
	6 a 9	10.0	12.8	1185.4
	9 a 12	11.5	21.4	1705.3
	12 a 15	12.4	11.8	894.4
	15 a 18	13.1	2.4	177.8
			49.9	4191.2
1400	3 a 6	7.4	1.8	288.9
	6 a 9	9.9	15.6	1451.5
	9 a 12	11.4	23.2	1851.3
	12 a 15	12.3	10.7	814.7
	15 a 18	13.0	1.8	132.3
			53.1	4538.6
1600	3 a 6	7.3	2.3	382.5
	6 a 9	9.9	18.5	1720.5
	9 a 12	11.3	24.2	1931.5
	12 a 15	12.2	9.2	700.8
	15 a 18	12.9	1.2	87.6
			55.4	4823.6
1800	3 a 6	7.3	3.0	498.2
	6 a 9	9.8	21.3	1980.9
	9 a 12	11.2	24.3	1938.2
	12 a 15	12.1	7.7	581.7
	15 a 18	12.8	0.7	54.4
			57.0	5054.9
2000	3 a 6	7.2	3.9	634.6
	6 a 9	9.8	23.8	2223.5
	9 a 12	11.2	23.6	1885.4
	12 a 15	12.1	6.2	471.5
			57.9	5252.0

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 72 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.4	1.3	204.7
	6 a 9	10.1	11.8	1094.6
	9 a 12	11.6	21.4	1698.1
	12 a 15	12.7	15.2	1154.7
	15 a 18	13.4	5.0	373.7
	18 a 21	13.9	0.9	64.5
			55.6	4590.3
1400	3 a 6	7.3	1.7	272.4
	6 a 9	10.0	14.5	1341.0
	9 a 12	11.5	23.9	1899.3
	12 a 15	12.5	14.7	1116.1
	15 a 18	13.3	4.1	303.3
			59.3	4964.1
1600	3 a 6	7.2	2.2	357.5
	6 a 9	9.9	17.2	1595.2
	9 a 12	11.5	25.6	2037.7
	12 a 15	12.5	13.6	1035.1
	15 a 18	13.2	3.0	223.1
			61.8	5264.5
1800	3 a 6	7.2	2.8	461.1
	6 a 9	9.9	19.9	1850.2
	9 a 12	11.4	26.5	2114.4
	12 a 15	12.4	12.1	919.5
	15 a 18	13.1	2.2	166.3
			63.7	5527.9
2000	3 a 6	7.1	3.5	584.2
	6 a 9	9.8	22.5	2094.5
	9 a 12	11.3	26.6	2125.8
	12 a 15	12.3	10.5	798.4
	15 a 18	13.0	1.6	121.3
			64.7	5727.1

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 84 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.2	1.3	211.6
	6 a 9	10.0	11.3	1044.8
	9 a 12	11.6	20.4	1621.2
	12 a 15	12.7	16.3	1239.3
	15 a 18	13.4	7.0	523.0
	18 a 21	14.0	1.7	129.6
			58.3	4791.5
1400	3 a 6	7.2	1.7	278.8
	6 a 9	10.0	13.8	1276.3
	9 a 12	11.5	23.1	1836.2
	12 a 15	12.6	16.4	1244.4
	15 a 18	13.3	5.9	439.8
	18 a 21	13.9	1.1	80.3
			62.0	5155.8
1600	3 a 6	7.1	2.2	361.0
	6 a 9	9.9	16.3	1515.6
	9 a 12	11.5	25.1	1997.0
	12 a 15	12.5	15.7	1191.8
	15 a 18	13.2	4.8	358.3
			65.0	5487.5
1800	3 a 6	7.1	2.8	461.6
	6 a 9	9.8	18.9	1755.8
	9 a 12	11.4	26.4	2104.6
	12 a 15	12.4	14.5	1104.2
	15 a 18	13.1	3.7	278.2
			66.7	5736.9
2000	3 a 6	7.0	3.5	579.3
	6 a 9	9.8	21.3	1990.2
	9 a 12	11.3	27.0	2151.0
	12 a 15	12.3	13.1	996.5
	15 a 18	13.0	3.0	221.3
			68.1	5956.3

TABELA DE PRODUCAO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> III

IDADE -> 96 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	7.1	1.4	224.3
	6 a 9	10.0	11.0	1018.0
	9 a 12	11.6	19.4	1540.4
	12 a 15	12.7	16.4	1245.1
	15 a 18	13.4	8.2	613.9
	18 a 21	14.0	2.6	194.6
			59.6	4880.4
1400	3 a 6	7.0	1.7	291.2
	6 a 9	9.9	13.3	1236.6
	9 a 12	11.5	22.0	1750.9
	12 a 15	12.6	16.9	1279.8
	15 a 18	13.3	7.2	541.3
	18 a 21	13.9	1.9	144.7
			63.3	5266.3
1600	3 a 6	7.0	2.2	374.0
	6 a 9	9.8	15.7	1460.8
	9 a 12	11.4	24.1	1920.5
	12 a 15	12.5	16.6	1263.7
	15 a 18	13.2	6.3	470.3
	18 a 21	13.8	1.3	95.8
			66.5	5606.7
1800	3 a 6	6.9	2.8	473.9
	6 a 9	9.7	18.1	1688.3
	9 a 12	11.3	25.6	2041.3
	12 a 15	12.4	15.8	1197.8
	15 a 18	13.1	5.2	389.5
	18 a 21	13.7	1.1	79.3
			68.6	5870.1
2000	3 a 6	6.9	3.5	590.9
	6 a 9	9.7	20.4	1910.0
	9 a 12	11.3	26.4	2109.7
	12 a 15	12.3	14.6	1111.4
	15 a 18	13.0	4.1	309.8
			69.6	6080.0

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 36 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.0	4.4	798.6
	6 a 9	7.6	7.6	760.4
	9 a 12	8.4	1.6	134.7
			13.7	1742.0
1400	3 a 6	6.0	5.3	973.7
	6 a 9	7.5	7.7	780.1
	9 a 12	8.4	1.3	109.8
			14.4	1937.0
1600	3 a 6	5.9	6.2	1149.4
	6 a 9	7.5	7.6	772.5
	9 a 12	8.3	1.1	88.7
			14.9	2113.7
1800	3 a 6	5.9	7.1	1320.3
	6 a 9	7.4	7.4	747.7
	9 a 12	8.3	0.8	67.8
			15.4	2283.9
2000	3 a 6	5.9	7.9	1480.8
	6 a 9	7.4	7.0	705.8
	9 a 12	8.2	0.6	54.0
			15.6	2446.9

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 48 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.2	3.4	604.3
	6 a 9	8.2	11.0	1082.7
	9 a 12	9.3	5.4	439.4
	12 a 15	10.0	0.6	48.3
			20.4	2186.2
1400	3 a 6	6.2	4.3	766.3
	6 a 9	8.1	12.1	1186.8
	9 a 12	9.2	4.9	399.4
	12 a 15	9.9	0.5	36.0
			21.8	2409.1
1600	3 a 6	6.1	5.2	942.2
	6 a 9	8.1	12.7	1253.5
	9 a 12	9.1	4.3	349.2
	12 a 15	9.8	0.3	23.8
			22.5	2603.8
1800	3 a 6	6.1	6.2	1127.6
	6 a 9	8.0	13.0	1285.3
	9 a 12	9.1	3.6	299.8
	12 a 15	9.8	0.2	17.8
			23.0	2786.8
2000	3 a 6	6.1	7.2	1317.9
	6 a 9	8.0	13.0	1284.5
	9 a 12	9.0	3.1	251.1
	12 a 15	9.7	0.2	11.8
			23.5	2950.6

TABELA DE PRODUCAO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 60 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.3	2.8	508.7
	6 a 9	8.4	11.7	1134.6
	9 a 12	9.7	8.5	691.8
	12 a 15	10.5	2.0	150.8
			25.1	2500.6
1400	3 a 6	6.2	3.6	651.0
	6 a 9	8.4	13.2	1282.7
	9 a 12	9.6	8.2	671.7
	12 a 15	10.4	1.5	118.4
			26.6	2743.9
1600	3 a 6	6.2	4.5	810.7
	6 a 9	8.3	14.3	1400.7
	9 a 12	9.5	7.7	625.9
	12 a 15	10.3	1.1	86.7
			27.6	2944.5
1800	3 a 6	6.1	5.4	983.2
	6 a 9	8.2	15.2	1482.8
	9 a 12	9.4	6.9	565.9
	12 a 15	10.2	0.9	67.7
			28.4	3133.8
2000	3 a 6	6.1	6.4	1166.2
	6 a 9	8.2	15.6	1531.5
	9 a 12	9.4	6.1	503.1
	12 a 15	10.2	0.6	49.0
			28.7	3304.6

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 72 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.2	2.6	476.8
	6 a 9	8.5	11.4	1106.8
	9 a 12	9.8	9.9	804.0
	12 a 15	10.6	3.2	248.8
	15 a 18	11.2	0.5	38.5
			27.6	2678.0
1400	3 a 6	6.1	3.4	608.7
	6 a 9	8.4	13.0	1268.4
	9 a 12	9.7	9.9	810.0
	12 a 15	10.5	2.7	208.9
	15 a 18	11.1	0.4	28.7
			29.4	2932.3
1600	3 a 6	6.1	4.2	757.9
	6 a 9	8.4	14.4	1401.8
	9 a 12	9.6	9.6	782.0
	12 a 15	10.5	2.2	169.8
	15 a 18	11.1	0.3	19.0
			30.7	3145.7
1800	3 a 6	6.0	5.0	921.0
	6 a 9	8.3	15.4	1507.4
	9 a 12	9.6	9.0	735.9
	12 a 15	10.4	1.8	137.5
			31.3	3337.8
2000	3 a 6	6.0	6.0	1095.8
	6 a 9	8.2	16.1	1579.2
	9 a 12	9.5	8.3	675.5
	12 a 15	10.3	1.4	105.7
			31.9	3509.6

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 84 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.1	2.6	471.1
	6 a 9	8.5	11.0	1066.3
	9 a 12	9.8	10.3	840.5
	12 a 15	10.7	4.2	320.4
	15 a 18	11.3	0.9	67.9
			29.2	2781.5
1400	3 a 6	6.0	3.3	600.2
	6 a 9	8.4	12.6	1225.7
	9 a 12	9.7	10.6	861.7
	12 a 15	10.6	3.7	279.8
	15 a 18	11.2	0.6	48.1
			30.8	3020.8
1600	3 a 6	6.0	4.0	743.2
	6 a 9	8.3	14.0	1363.2
	9 a 12	9.7	10.5	852.6
	12 a 15	10.5	3.1	240.0
	15 a 18	11.1	0.5	38.2
			32.1	3249.4
1800	3 a 6	6.0	4.9	901.2
	6 a 9	8.3	15.1	1475.1
	9 a 12	9.6	10.0	817.5
	12 a 15	10.4	2.6	200.9
			33.0	3445.8
2000	3 a 6	5.9	5.8	1069.7
	6 a 9	8.2	15.9	1557.3
	9 a 12	9.5	9.4	767.9
	12 a 15	10.4	2.1	162.4
			33.5	3614.9

TABELA DE PRODUÇÃO POR CLASSE DIAMETRICA DE VOLUME
DE MADEIRA E PESO DE CASCA SECA PARA POVOAMENTOS
DE ACACIA-NEGRA NO RIO GRANDE DO SUL

SITIO -> IV

IDADE -> 96 MESES

ARVORES/ha TOTAL	CLASSE DAP (cm)	ALTURA MEDIA (m)	VOLUME DE MADEIRA (m3/ha)	PESO DE CASCA SECA (Kg/ha)
1200	3 a 6	6.0	2.6	477.6
	6 a 9	8.4	10.5	1026.0
	9 a 12	9.8	10.3	835.1
	12 a 15	10.7	4.8	365.2
	15 a 18	11.3	1.3	97.1
			29.7	2814.8
1400	3 a 6	5.9	3.3	605.0
	6 a 9	8.3	12.1	1182.8
	9 a 12	9.7	10.7	871.7
	12 a 15	10.6	4.3	330.6
	15 a 18	11.2	1.0	77.0
			31.6	3083.9
1600	3 a 6	5.9	4.0	746.2
	6 a 9	8.3	13.5	1317.9
	9 a 12	9.6	10.7	874.0
	12 a 15	10.5	3.9	296.9
	15 a 18	11.1	0.8	57.4
			32.9	3301.4
1800	3 a 6	5.9	4.8	901.2
	6 a 9	8.2	14.6	1429.5
	9 a 12	9.6	10.5	854.1
	12 a 15	10.4	3.3	251.1
			33.7	3492.9
2000	3 a 6	5.8	5.7	1066.7
	6 a 9	8.2	15.4	1513.7
	9 a 12	9.5	9.9	812.1
	12 a 15	10.4	2.8	212.4
			34.2	3667.3

SUMMARY

A current and future yield prediction system for wood volume and dry bark weight of black wattle (*Acacia mearnsii* de Wild) stands growing in Rio Grande do Sul State was developed.

The basic data came from 328 rectangular temporary plots with 420 m² each, with ages sampled between 22 and 136 months old, in different stand densities and sites. Other data source came from sample plots on a fertilization trial, continuously measured each 12 months from 24 to 84 months old.

The system was based on a Weibull function of 3 parameters. The coefficients "b" and "c" were estimated by a recovering process from percentiles DBH and the coefficient "a" by direct relation to the minimum DBH of the plot. The percentiles DBH pairs investigated were 20/90, 20/80, 30/90, 30/80, 40/90 and 40/80. Several mathematical models were fitted to estimate the minimum DBH, percentiles DBH, DBH variance, average height of DBH classes, dominant height and survival evolution.

In general terms, the selected models presented a satisfactory fitting and unbiased residues. The results showed the inter dependence among percentiles DBH pairs, density, site and age to the current and future estimates of wood volume and dry bark weight, separated by diameter classes and to the stand as a whole. This study makes possible to obtain yield and growth information with acceptable accuracy.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAILEY, R.L.; BORDER, B.E.; WARE, K.D. & JONES, JR., E.P. A compatible model relating slash pine plantation survival to density, age, site index and type and intensity of thinning. Forest Science 31 (1) : 181-189, 1985.
2. _____. & DELL, T.R. Quantifying diameter distribution with the Weibull function. Forest Science 19 (2) : 27-104, 1973.
3. _____.; PIENNAR, L.V.; SHIVER, B.D.; RHENEY, J.W. Stand structure and yield of site-prepared slash pine plantation. The University of Georgia College of Agriculture Experiment Station, Bulletin 291; 1982.
4. BARROS, P.L.C. Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós - Pará. 1980, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
5. BECK, D.E. & DELLA-BIANCA, L. Growth and yield of thinned yellow-poplar. Ashville, Forest Service, 1972. 20 p. (Research Paper SE, 101).

6. BLISS, D.M. & REINKER, K.A. A lognormal approach to diameter distribution in even aged stands Forest Science, Peking, 10 (3) : 350-60, sept. 1964.
7. BUCKMAN, R.E. Growth and yield of red pine in Minnesota. Technical Bulletin. United States Department Agriculture, Washington, (1272) : 1-50, 1962.
8. CAMPOS, J.C.C. Análise de crescimento e produção em plantações desbastadas. Revista Árvore, Viçosa, 2 (4) : 157-69, jul/dez. 1980.
9. _____. & RIBEIRO, J.C. Produção dos povoamentos de *Eucalyptus spp.* na região do Triângulo Mineiro. Sociedade de Investigações Florestais Nº 1 : Viçosa, 1983. 43 p. (Boletim Técnico).
10. CLUTTER, J.L. Compatible growth and yield models for loblolly pine. Forest Science, Peking, 9 (3) : 354-71, sept. 1963.
11. _____. ; FORTSON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. Timber Management : A Quantitative Approach. New York. John Wiley & Sons, 1983. 333 p.
12. _____. BENNETT, F.A. Diameter distributions in oldfield slash pine plantations. General Forestry Resource Council, 1965. n.13, 9 p.
13. COUTO, H.T.Z. Distribuição de diâmetros em plantações de Pinus caribaea Morelet var. caribaea. ESALQ, Piracicaba, 1980. 79 p. (Tese de Livre Docência).

14. _____ & BASTOS, N.L.M. Curvas de crescimento em volume para *Eucalyptus* em segunda rotação no Estado de São Paulo, IPEF, Piracicaba, (34) : 15-21, 1986.
15. CURTIS, R.O. A method of estimation of gross yield of Douglas-Fir. Forest Science Monograph 13. Washington, D.C. 1967. 24 p.
16. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA/CNPQ. Zoneamento Ecológico para plantios florestais no Estado do Paraná, Brasília, 1986, 89 p.
17. FINGER, C.A.G. Distribuição de diâmetros em *Acacia mearnsii* De Wild, em diferentes povoamentos e idades. 1982. 124 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
18. GLADE, J.E. Prognose de volume por classes diamétricas para *Eucalyptus grandis* Hill Ex- maiden. 1986. 94 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
19. HAFLEY, W.L. & BUFORD, M.A. A bivariate model for growth and yield prediction. Forest Science 31 (1) : 237-247, 1985.
20. _____ & SCHREUDER, H.T. Statistics distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. Canadian Journal of Forestry Research, Ottawa, 7 (2) : 480-7, 1977.
21. HOSOKAWA, R.T. & GLADE, J.E. Prognose de rendimentos de bitolas comerciais para múltiplos fins em

- povoamentos florestais. in: 5º Congresso Florestal Brasileiro, Olinda, Pernambuco, 1986 : 150-163.
22. HYINK, D.M. & MOSER JR., J.W.A. Generalized framework for projecting forest yield and stand structure using diameter distributions. Forest Science, Peking, 29 (1) : 85-95, mar. 1983.
23. JORGE, L.A.B.; VEIGA, R.A. de A & PONTINHA, A DE A.S. A função Weibull no estudo de distribuições diamétricas em povoamentos de *Pinus elliottii* na Estação Experimental de Itapeva IPEF, Piracicaba (43/44) : 54-60, 1990.
24. KNOEBELL, B.C.; BURKHART, H.E. & BECK, D.E. A growth and yield model for thinned stands of yellow-poplar. Forest Science, Peking, 1-62, june 1986. (Monograph, 27).
25. LENHART, D.J. Stand structure and yield of *Slash pine* plantation in East TEXAS, Update: 1987. Center for applied studies School of Forestry. Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, Report nº 17, Texas, 1987. 23 p.
26. MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus taeda* L. na região central do Estado do Paraná. Revista Floresta, Curitiba, 11 (2) : 4-18, dez. 1980.
27. MCGEE, C.F. & DELLA-BIANCA, L. Diameter distribution in natural yellow-poplar stands. U. S. D. A. For. Ser., Res. Paper, SE-25, 1967.

28. McKINNEY, A.L. & CHAIKEN, L.E. Volume, yield, and growth of loblolly pine in the Mid-Atlantic Coastal Region. USDA Forest Service Technical Note, Washington, 33, 1939. 30 p.
29. _____.; SCHUMACHER, F.X. & CHAIKEN, L.E. Construction of yield tables for non normal loblolly pine stands. Journal of Agricultural Research, Washington, 54.(7) : 531-45, abr. 1937.
30. McTAGUE, J.P. Programa computacional para ajuste da função Weibull. Flagstaff, 1988 (não publicado).
31. _____ & BAILEY, R.L. Compatible basal area and diameter distribution models for thinned loblolly pine plantations in Santa Catarina, Brazil. Forest Science, 33 (1) : 43-51, mar. 1987.
32. MURPHY, P.A. & STERNITZKE, H.S. Growth and yield estimation for loblolly pine in West Gulf Region, New Orleans, Forest Service, 1979. 8 p. (Research Paper SO, 169).
33. NELSON, T.C. Diameter distribution and growth of loblolly pine. Forest Science, Peking, 10 (1) : 105-14, mar. 1964.
34. PIENNAR, L.V. Quantitative theory of forest growth. Washington, University of Washington, 1965. (Ph.D. Thesis).
35. _____ . & SHIVER, B.D. Basal area prediction for pine plantation. Forest Science 32 (3) : 626-633, 1986.

36. RAYNER, M.E. Site index and dominant height growth curves for regrowth Kami (Eucalyptus diversicolor F. Muell.) in south-western Australia. Forest Ecology and management, Amsterdam. 44, p. 261-283, 1991.
37. RENNOLS, K.; GEARY, D.N. e ROLLINSON, T.J.D. Characterizing diameter distribution by the use of the Weibull distribution. Forestry 58 (1) : 57-66, 1985.
38. _____. & PEACE, A. Flow models of mortality and yield for unthinned forest stands. Forestry 59 (1) : 47-58, 1985.
39. SANQUETA, C.R. Predição da sobrevivência em reflorestamentos de *Pinus elliottii* Engelm. 1990. 81 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
40. SCHENEIDER, P.R. Modelos de equação e tabelas para avaliar o peso de casca de acácia-negra, Acacia mearnsii de Wild. 1978. 96 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná.
41. _____. e SILVA, J.A. Índice de sítio para acácia-negra, *Acacia mearnsii* de Wild. Brasil Florestal 42 : 53-58, 1980.
42. _____. e SILVA, J.A. Teste de equações para predizer a espessura de casca e fator K para acácia-negra (*Acacia mearnsii* de Wild). Revista Floresta, Vol.X Nº 2 : 5-11, 1979.

43. SCOLFORO, J.R.S. Sistema integrado para predição e análise presente e futura do crescimento e produção, com otimização de remuneração de capitais, para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*; 1990. 290 p. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.
44. _____ e MACHADO, S.A. Curvas de índice de sítio para plantações de *Pinus elliottii* nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Revista Floresta, Curitiba, 18 (1/2) : 140-158, jun./dez. 1988.
45. SCHÖNAU, A.P.G. Effect of site quality and initial stocking density on average diameter in black wattle plantations in Kenya. Forest Science 21 (1) : 2-9, 1975.
46. SCHREUDER, H.T. & HAFLEY, W.L. A usefull bivariate distribution for describing stand structure of tree heights and diameters. Biometrics, Releig, 33 (3) : 471-488, sept. 1977.
47. _____.; HAFLEY, W.L. e BENNETT, F.A. Yield prediction for unthinned natural *Slash pine* stands. Forest Science 25 (1) : 25-30, 1979.
48. SHIFLEY, R.S.; MOSER, J.W. & BROWN, K.M., Growth and yield model for the Elm-Ash-Cotton wood type in Indiana. Research Paper NC. St. Paul, Forest Service, 1982. n. 218, 14 p.
49. SILVA, J.A.A. da & BAILEY, R.A. Predicting diameter distribution in fertilized slash pine plantations

- with the Weibull distribution. Acta Forestalia Brasiliensis, 2 (1) : 47-62, 1987.
50. SILVA, J.N.M. e SCHENEIDER, P.R. Comparação de equações de volume para povoamentos de *Acacia mearnsii* de Wild (acácia-negra) no Estado do Rio Grande do Sul. Revista Floresta Vol.X (1) : 36-42, 1979.
51. SMALLEY, G.N. & BAILEY, R.L. Yield tables and stand structure for shortleaf pine plantations in Tennessee, Alabama and Georgia highlands. U.S. Forest service research paper SO - 97, 10 p. 1974.
52. SMITH, V.G. Compatible basal area growth and yield models consistent with forest growth theory. Forest Science, Peking, 2 (2) : 279-88, june 1983.
53. SPURR, S.H. Forest inventory. New York, Ronald Press. 1952 , 476 p.
54. STEIN, P.P. Silvicultura de Acácia-negra no Brasil, Montenegro, 14 p., 1990,(não publicado).
55. SULLIVAN, A.A. & CLUTTER, J.L. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. Forest Science 18 (1) : 76-86, 1972.
56. TURNBULL, K.V. Population dynamics in mixed forest stands. A system of mathematical models of mixed stand growth and structure. Washington, University of Washington, 1963. 186 p. (Ph.D. Thesis).
57. ZUTTER, B.R.; ODERWALD, R.G.; MURPHY, P.A.; FARRAR, JR. R.M. Characterizing diameter distribution with modified data types and forms of the Weibull

distribution. Forest Science, Peking, 32 (1) : p.
37-48, 1986.